PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-157711

(43)Date of publication of application : 31.05.2002

(51)Int.Cl. G11B 5/39
G01R 33/09
H01F 10/32
H01L 43/08

(21)Application number : 2000-349106

(22)Date of filing : 16.11.2000

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(72)Inventor : SEYAMA YOSHIHIKO
TANAKA ATSUSHI
NAGASAKA KEIICHI
SHIMIZU YUTAKA

(54) CPP STRUCTURAL SPIN VALVE HEAD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a CPP structural spin valve head, by which the large resistance variation is surely obtainable by the small number of laminated layers.

SOLUTION: In the CPP structural spin valve head 36, a sense current goes through an insulated layer 54. The movement of electron across the insulated layer 54 is supposed to be realized by the operation of the minute defect, i.e., a pin hole formed on the insulated layer 54. The current is concentrated to the pin hole. Thus, in such spin valve head 36, the large resistance variation is realized in accordance with the inversion of the magnetizing direction established in a ferromagnetic layer 56 at the free side, similarly in the case the passing cross sectional surface of the current is reduced. This sort of the CPP structural spin valve head 36 remarkably contributes to the further increase of density of the magnetic recording. In this spin valve head

36, the resistance value is reduced as compared to that of a so-called tunnel junction magneto- resistance effect element. The generation of thermal noise is suppressed.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]	19.12.2003
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	05.04.2005
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	
[Patent number]	
[Date of registration]	
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	2005-008300
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	06.05.2005
[Date of extinction of right]	

CLAIMS

[Claim(s)]
[Claim 1] The CPP structure spin valve head characterized by having a freedom side ferromagnetism layer, the nonmagnetic interlayer who contacts a freedom side ferromagnetism layer in the 1st interface, the fixed side ferromagnetism layer which contacts a nonmagnetic interlayer in the 2nd interface, and the insulating layer separated from a nonmagnetic interlayer in a fixed side ferromagnetism layer.
[Claim 2] It is the CPP structure spin valve head characterized by including the compound with which said insulating layer consists of at least two kinds of elements in a CPP structure spin valve head according to claim 1.
[Claim 3] It is the CPP structure spin valve head characterized by said compound being oxide in a CPP structure spin valve head according to

claim 2.
[Claim 4] It is the CPP structure spin valve head characterized by putting said insulating layer in one pair of fixed side ferromagnetism layers in a CPP structure spin valve head according to claim 1.
[Claim 5] The CPP structure spin valve head characterized by having a freedom side ferromagnetism layer, the nonmagnetic interlayer who contacts a freedom side ferromagnetism layer in the 1st interface, the fixed side ferromagnetism layer which contacts a nonmagnetic interlayer in the 2nd interface, and the insulating layer separated from a nonmagnetic interlayer in a freedom side ferromagnetism layer.
[Claim 6] It is the CPP structure spin valve head characterized by including the compound with which said insulating layer consists of at least two kinds of elements in a CPP structure spin valve head according to claim 5.
[Claim 7] It is the CPP structure spin valve head characterized by said compound being oxide in a CPP structure spin valve head according to claim 6.
[Claim 8] It is the CPP structure spin valve head characterized by putting said insulating layer in a freedom side [one pair] ferromagnetism layer in a CPP structure spin valve head according to claim 5.
[Claim 9] The CPP structure spin valve head characterized by having further the insulating layer separated from said nonmagnetic middle class in said fixed side ferromagnetism layer in a CPP structure spin valve head according to claim 5.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]
[0001]
[Field of the Invention] This invention relates to the CPP (current perpendicular-to-the-plane) structure spin valve head which circulates a sense current along the direction of a vertical of the 1st and 2nd interfaces especially within such spin bulb film about the spin bulb film equipped with a freedom side ferromagnetism layer, the nonmagnetic middle class who contacts a freedom side ferromagnetism layer in the 1st interface, and the fixed side ferromagnetism layer which contacts the nonmagnetic middle class in the 2nd interface.

[0002]
[Description of the Prior Art] With a CPP structure magneto-resistive effect head, the more the number of laminatings of the GMR (giant magneto-resistance) film by which a laminating is carried out increases, the more big resistance variation is obtained. As everyone knows, if resistance variation is large, the magnetic information on binary can be correctly read with the sense current of a small current value. The especially big resistance variation irrespective of contraction of core width of face with such CPP structure magneto-resistive effect heads is maintainable. It is thought that a CPP structure magneto-resistive effect head greatly contributes to much more densification of magnetic recording.
[0003]
[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, if the laminating of many GMR film is carried out in this way, even if a recording track consistency can improve with contraction of core width of face, the improvement in linear density, i.e., shortening of bit length, will be barred. The densification of magnetic recording cannot be attained as expected. And it is difficult to control the magnetic domain of a freedom side ferromagnetism layer by such CPP structure magneto-resistive effect heads.
[0004] This invention was made in view of the above-mentioned actual condition, and aims at offering the CPP structure spin valve head which can obtain certainly big resistance variation with the small number of laminatings.
[0005]
[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, according to the 1st invention, the CPP structure spin valve head characterized by having a freedom side ferromagnetism layer, the nonmagnetic interlayer who contacts a freedom side ferromagnetism layer in the 1st interface, the fixed side ferromagnetism layer which contacts a nonmagnetic interlayer in the 2nd interface, and the insulating layer separated from a nonmagnetic interlayer in a fixed side ferromagnetism layer is offered.
[0006] Moreover, according to the 2nd invention, the CPP structure spin valve head characterized by having a freedom side ferromagnetism layer, the nonmagnetic interlayer who contacts a freedom side ferromagnetism layer in the 1st interface, the fixed side ferromagnetism layer which contacts a nonmagnetic interlayer in the 2nd interface, and the insulating layer separated from a nonmagnetic interlayer in a freedom side ferromagnetism layer is offered.

[0007] In such CPP structure spin valve heads, the magnetization direction of a freedom side ferromagnetism layer is rotated according to the sense of the field which acts from the outside. In this way, rotation of the magnetization direction of a freedom side ferromagnetism layer changes the electric resistance of a spin valve head a lot. If a sense current circulates along the direction of a vertical of the 1st interface or the 2nd interface, according to change of electric resistance, change (for example, electrical-potential-difference change) of level will appear on a sense current.
[0008] At this time, a sense current runs through an insulating layer in a spin valve head. It is thought that migration of the electron over an insulating layer is realized by work, the detailed defect, i.e., the pinhole, formed in an insulating layer. A current is concentrated on a pinhole. Consequently, in such spin valve heads, big resistance variation is realizable like the time of the passage cross section of a current being reduced according to reversal of the magnetization direction established in a freedom side ferromagnetism layer. Such CPP structure spin valve heads can greatly contribute to much more densification of magnetic recording. And in such spin valve heads, resistance is reduced by the condition about of 1/10 compared with the so-called tunnel junction magneto-resistive effect (TMR) component. The so-called generating of a thermal noise can be controlled. However, a sense current should just be equipped with the direction component of a vertical at least.
[0009] An insulating layer should just contain the compound which consists of at least two kinds of elements. Others, a nitride and carbide, and boride can be contained in a compound at this time.
[oxide] For example, an insulating layer may be put in one pair of fixed side ferromagnetism layers, or a freedom side [one pair] ferromagnetism layer. If in charge of formation of an insulating layer, the deposition of a compound based on the sputtering method may be used, for example. In addition, an insulating layer can be formed if reactant elements, such as oxygen and nitrogen, are connected to the front face of a fixed side ferromagnetism layer or a freedom side ferromagnetism layer.
[0010] Furthermore, according to the 3rd invention, the CPP structure spin valve head characterized by having a freedom side ferromagnetism layer, the nonmagnetic interlayer who contacts a freedom side ferromagnetism layer in the 1st interface, the fixed side ferromagnetism layer which contacts a nonmagnetic interlayer in the 2nd interface, the 1st insulating layer separated from a nonmagnetic interlayer in a fixed

side ferromagnetism layer, and the 2nd insulating layer separated from a nonmagnetic interlayer in a freedom side ferromagnetism layer is offered.
[0011] According to such CPP structure spin valve heads, a current is concentrated on a pinhole by work, the detailed defect, i.e., the pinhole, formed in an insulating layer, like the above-mentioned. Consequently, in such spin valve heads, big resistance variation is realizable like the time of the passage cross section of a current being reduced according to reversal of the magnetization direction established in a freedom side ferromagnetism layer. And by this spin valve head, it is thought that the so-called speculer dispersion is attained between one pair of insulating layers. Consequently, according to the magnetization direction established in a freedom side ferromagnetism layer, still bigger resistance variation is realizable.
[0012] In addition, such CPP structure spin valve heads should just be used, being included in a magnetic-recording medium driving gear called hard disk drive (HDD).
[0013]
[Embodiment of the Invention] Hereafter, 1 operation gestalt of this invention is explained, referring to an accompanying drawing.
[0014] Drawing 1 shows roughly one example of a magnetic-recording medium driving gear, i.e., the internal structure of hard disk drive (HDD) 11. This HDD11 is equipped with the body 12 of a case of the cube type which divides the building envelope of a flat rectangular parallelepiped. The magnetic disk 13 of one or more sheets as a record medium is held in hold space. The revolving shaft of a spindle motor 14 is equipped with a magnetic disk 13. A spindle motor 14 can rotate a magnetic disk 13 at high speed, such as for example, 7200rpm and 10000rpm. It is combined with the body 12 of a case, the lid (not shown), i.e., covering, which seals hold space between the bodies 12 of a case.
[0015] The carriage 16 rocked by the circumference of the pivot 15 prolonged perpendicularly is further held in hold space. This carriage 16 is equipped with the swinging arm 17 of the rigid body horizontally prolonged from a pivot 15, and the elastic suspension 18 which is attached at the tip of this swinging arm 17, and extends ahead from a swinging arm 17. As everyone knows, at the tip of the elastic suspension 18, the cantilevered suspension of the surfacing head slider 19 is carried out by work of the so-called gimbal spring (not shown). Pressure acts on the surfacing head slider 19 from the elastic suspension 18 toward the front face of a magnetic disk 13. Buoyancy acts on the surfacing head slider 19 by work of the air current generated on the front face of a magnetic disk 13 based on rotation of a magnetic disk 13.

The surfacing head slider 19 can continue surfacing with rigidity high in comparison during rotation of a magnetic disk 13 in the balance of the pressure of the elastic suspension 18, and buoyancy.
[0016] If carriage 16 rocks by the circumference of a pivot 15 during surfacing of such a surfacing head slider 19, the surfacing head slider 19 can cross the front face of a magnetic disk 13 to radial. Based on such migration, the surfacing head slider 19 is positioned in the recording track of the request on a magnetic disk 13. At this time, rocking of carriage 16 should just be realized through work of an actuator 21 called a voice coil motor (VCM). As everyone knows, when the magnetic disk 13 of two or more sheets is incorporated in the body 12 of a case, two elastic suspensions 18 are carried to one swinging arm 17 between magnetic-disk 13 adjoining comrades.
[0017] Drawing 2 shows one example of the surfacing head slider 19. This surfacing head slider 19 is aluminum 203 which is joined to the air outflow edge of the body 22 of a slider made from aluminum2 03-TiC (Al Chick) formed in a flat rectangular parallelepiped, and this body 22 of a slider, and builds in the read-out write-in head 23. It has the film 24 with a built-in head component of make (alumina). It is specified on the body 22 of a slider, and the film 24 with a built-in head component, the medium opposed face 25, i.e., the surfacing side, which counters a magnetic disk 13. The air current 26 generated based on rotation of a magnetic disk 13 is responded to by the surfacing side 25.
[0018] The rail 27 of two muscles prolonged toward an air outflow edge from an airstream ON edge is formed in the surfacing side 25. So-called ABS (air bearing surface)28 is specified in the summit side of each rail 27. In ABS28, the above-mentioned buoyancy is generated according to work of an air current 26. It was embedded on the film 24 with a built-in head component, and reads, and the write-in head 23 is exposed by ABS28 so that it may be mentioned later. In addition, the gestalt of the surfacing head slider 19 is not restricted to such gestalten.
[0019] Drawing 3 shows the situation of the surfacing side 25 to a detail. The read-out write-in head 23 is equipped with the CPP structure spin valve-head component 30 which reads binary information based on the resistance which changes according to the field which acts from a magnetic disk 13, and the induction write-in head component 31 which writes binary information in a magnetic disk 13 using the field which occurs by the electric conduction coil pattern (not shown). The spin valve-head component 30 is formed in the front face of the lower shielding layer 32 which consists of ingredients, such as FeN and NiFe. The lower shielding layer 32 is aluminum 203 which constitutes the

bottom half layer of the above-mentioned film 24 with a built-in head component. It spreads on the front face of the film (alumina) 33. The spin valve-head component 30 is aluminum 203 by which a laminating is carried out to the front face of the lower shielding layer 32. It is embedded at a non-magnetic layer 34 called the film (alumina).

[0020] The spin valve-head component 30 is equipped with the bottom electrode terminal layer 35 which spreads along the front face of the basic layer 32, i.e., a lower shielding layer. This bottom electrode terminal layer 35 should just be formed from conductive metallic materials, such as Au and Cu. The laminating of the spin bulb film 36 is carried out to the front face of the bottom electrode terminal layer 35. The detail of the spin bulb film 36 is mentioned later.

[0021] This spin bulb film 36 is put between one pair of magnetic-domain control film 37 which spreads along the front face of the basic layer 32, i.e., a lower shielding layer, similarly. The magnetic-domain control film 37 should just consist of CoCrPt(s). This magnetic-domain control film 37 can specify the magnetization direction as everyone knows along one direction which crosses the spin bulb film 36. By work of this magnetic-domain control film 37, single domain-ization of a freedom side ferromagnetism layer (freelayer) is realized within the spin bulb film 36. The spin bulb film 36 and the magnetic-domain control film 37 are embedded at the insulating layer 38 by which a laminating is carried out to the front face of the bottom electrode terminal layer 35. An insulating layer 38 is aluminum 203. The film and SiO2 What is necessary is just to consist of film.

[0022] The up shielding layer 39 spreads in the front face of an insulating layer 38. Besides, the section shielding layer 39 puts the spin bulb film 36 between the lower shielding layers 32. The up shielding layer 39 should just consist of NiFe(s). The up shielding layer 39 prolonged from the interval of an insulating layer 38 is caught by the front face of the spin bulb film 36. That is, the up shielding layer 39 which contacts the spin bulb film 36 in this way functions as a top electrode terminal layer of the spin valve-head component 30. Besides, a sense current can be supplied to the spin bulb film 36 by work of the section shielding layer 39 and the bottom electrode terminal layer 35. The up shielding layer 39 and the magnetic-domain control film 37 are mutually isolated by work of an insulating layer 38.

[0023] The above up shielding layers 39 function on coincidence as a lower magnetic pole layer of the induction write-in head component 31. That is, the nonmagnetic gap layer 40 is arranged in the front face of the up shielding layer 39. The nonmagnetic gap layer 40 should just

consist of aluminum 203 (alumina). On both sides of this nonmagnetic gap layer 40, the up magnetic pole layer 41 faces the up shielding layer 39. The up magnetic pole layer 41 should just consist of NiFe(s). As everyone knows, if a field occurs by the electric conduction coil pattern, by work of the nonmagnetic gap layer 40, the magnetic-flux style which goes back and forth the up magnetic pole layer 41 and the up shielding layer 39 will leak from the surfacing side 25, and it will come out of it. In this way, it leaks and a record field (gap field) is formed of the magnetic-flux style which comes out.

[0024] The up magnetic pole layer 41 is aluminum 203 which spreads along the front face of the nonmagnetic gap layer 40. It is covered with the film (alumina) 42. This aluminum 203 The film 42 constitutes the top half layer of the above-mentioned film 24 with a built-in head component. Namely, aluminum 203 The film 42 is the above-mentioned aluminum 203. It collaborates with the film 33 and the head component internal-organs film 24 is constituted.

[0025] Here, the structure of the spin bulb film 36 concerning the 1st operation gestalt of this invention is explained to a detail. This spin bulb film 36 is constituted by the single spin bulb film of a reverse laminated structure as shown in drawing 4 . That is, the spin bulb film 36 is equipped with the substrate layer 51 which spreads on the front face of the bottom electrode terminal layer 35. This substrate layer 51 should just consist of Ta layer 51a of about 5.0nm of thickness which spreads on the front face of the bottom electrode terminal layer 35, and NiFe layer 51b of about 2.0nm of thickness which spreads on the front face of this Ta layer 51a. The antiferromagnetism layer (pinning layer) 52 which consists of PdPtMn layers of about 15.0nm of thickness lays on top of the front face of the substrate layer 51.

[0026] The laminating of the fixed side ferromagnetism layer (pinned layer) 53 is carried out to the front face of the antiferromagnetism layer 52. The laminating of this fixed side ferromagnetism layer 53 is carried out to 1st a little more than magnetic layer 53a which spreads on the front face of the antiferromagnetism layer 52, for example, catches an insulating layer 54 on a front face, and the front face of an insulating layer 54, and it is equipped with 2nd a little more than magnetic layer 54b which puts an insulating layer 54 between 1st a little more than magnetic layer 53a. An insulating layer 54 should just be formed by the oxide film of for example, 1st a little more than magnetic layer 53a. 1st a little more than magnetic layer 53a and 2nd a little more than magnetic layer 53b should just consist of CoFeB layers of about 2.0nm of thickness.

[0027] In the front face of the fixed side ferromagnetism layer 53, the laminating of the nonmagnetic interlayer 55 who consists of Cu(s) of about 2.8nm of thickness, and the freedom side ferromagnetism layer (free layer) 56 which consists of CoFeB layers of about 2.0nm of thickness is carried out to sequence. The laminating of the Ta layer 57 of about 5.0nm of thickness is carried out to the front face of the freedom side ferromagnetism layer 56. Cap layers (not shown), such as Cu layer of about 10.0nm of thickness and Au layer of about 10.0nm of thickness, may be formed in the front face of the Ta layer 57 in order.
[0028] The 1st interface BF is prescribed by such spin bulb film 36 among the freedom side ferromagnetism layers 56 and the nonmagnetic interlayers 55 who pile up mutually. Similarly, the 2nd interface BS is specified among the fixed side ferromagnetism layers 53 and the nonmagnetic interlayers 55 who pile up mutually. An insulating layer 54 can be separated from the nonmagnetic interlayer 55 by mediation of 2nd a little more than magnetic layer 53b in the fixed side ferromagnetism layer 53.
[0029] If the spin valve-head component 30 is opposed to the front face of a magnetic disk 13 in read-out of magnetic information, by the spin bulb film 36, the magnetization direction of the freedom side ferromagnetism layer 56 will be rotated as everyone knows according to the sense of the field which acts from a magnetic disk 13. In this way, rotation of the magnetization direction of the freedom side ferromagnetism layer 56 changes the electric resistance of the spin bulb film 36 a lot. Therefore, if a sense current is supplied to the spin bulb film 36 from the bottom shielding layer 39 and the bottom electrode terminal layer 35, the level of the electrical signal taken out from the bottom shielding layer 39 and the bottom electrode terminal layer 35 according to change of electric resistance will change. Binary information can be read according to change of this level.
[0030] At this time, the current which flows between the bottom shielding layer 39 and the bottom electrode terminal layers 35 runs through an insulating layer 54 with the spin valve-head component 30. As shown in drawing 5 , it is thought that migration of the electron over an insulating layer 54 is realized by work, the detailed defect 58, i.e., the pinhole, formed in an insulating layer 54. A current is concentrated on a pinhole 58. Consequently, with such spin valve-head components 30, big resistance variation is realizable like the time of the passage cross section of a current being reduced according to reversal of the magnetization direction established in the freedom side ferromagnetism layer 56. It is detectable, change, i.e., electrical-potential-

difference change, of level sufficient with the sense current of a small current value. Therefore, such CPP structure spin valve-head components 30 can greatly contribute to reduction of much more densification of magnetic recording, or power consumption. And with such spin valve-head components 30, resistance is reduced by the condition about of 1/10 compared with the so-called tunnel junction magneto-resistive effect (TMR) component. The so-called generating of a thermal noise can be controlled. And the magnetic domain of the freedom side ferromagnetism layer 56 is easily controllable by work of one pair of magnetic-domain control film 37 which puts the spin bulb film 36 in comparison with such spin valve-head components 30.

[0031] Next, the manufacture approach of the spin valve-head component 30 is explained briefly. As everyone knows, in the front face of the Al Chick wafer (not shown), it is aluminum 203. The film 33 is formed. This aluminum 203 Laminating formation of the lower shielding layer 32 is carried out on the film 33. Then, in the front face of the lower shielding layer 32, i.e., a basic layer, as shown in drawing 6 , laminating formation of the Au film 61 of about 10.0nm of thickness is carried out. This laminating is hit, for example, the sputtering method should just be used. The Au film 61 is modeled after the configuration of the bottom electrode terminal layer 35. Then, the laminating of the 1st material film 62 which consists of same layer structures as the spin bulb film 36 is carried out to the front face of the Au film 61. The detail of the formation process of this 1st material film 62 is mentioned later.

[0032] As shown in drawing 6 , on the 1st material film 62, the resist film 63 which a convention began to delete and was modeled after the configuration is formed continuously. For example, operation of ion milling processing shaves off the 1st material film 63 around the resist film 63, as shown in drawing 7 . In this way, the 1st material film 62 begins to be shaved by the 2nd material film 64 modeled after the regular configuration. The laminating of the CoCrPt layer 65 which puts between the front face of the Au film 61 the 2nd material film 64 which began to be shaved is carried out. The resist film 63 should just be removed after the laminating of the CoCrPt layer 65. In this way, the 2nd material film 64 and the CoCrPt layer 65 by which laminating formation was carried out at the regular configuration begin to be deleted as everyone knows by the long material 66 prolonged along with one straight line which crosses the 2nd material film 64.

[0033] As shown in drawing 8 , on the Au film 61, laminating formation of the insulating material film 67 is carried out continuously. The

insulating material film 67 is completely covered for the long material 66, and covers it. The resist film 68 is formed in the front face of the insulating material film 67. For example, operation of RIE (reactive ion etching) processing shaves off the insulating material film 67 around the resist film 68, as shown in drawing 9 . In this way, an insulating layer 38 begins to be deleted from the insulating material film 67. The front face of the spin bulb film 36 is exposed in the interval of an insulating layer 38. Then, the resist film 68 is removed.

[0034] As shown in drawing 10 , on an insulating layer 38, the laminating of the NiFe layer 69 is carried out further. This laminating is hit, for example, the sputtering method should just be used. The resist film 71 is formed in the front face of this NiFe layer 69. This resist film 71 models the configuration of the up shielding layer 39. For example, operation of RIE processing shaves off the NiFe layer 69 around the resist film 71, as shown in drawing 11 . In this way, the up shielding layer 39 begins to be deleted. Then, the resist film 71 is removed.

[0035] In this way, when the bottom electrode terminal layer 35, the spin bulb film 36, the magnetic-domain control film 37, an insulating layer 38, and the up shielding layer 39 are formed, in the front face of the lower shielding layer 32, it is aluminum 203. The film 34 is formed. The bottom electrode terminal layer 35, the spin bulb film 36, the magnetic-domain control film 37, an insulating layer 38, and the up shielding layer 39 are aluminum 203. It is embedded on the film 34 (for example, refer to drawing 3). Such aluminum 203 On the film 34, laminating formation of the nonmagnetic gap layer 40 and the up magnetic pole layer 41 of the induction write-in head component 31 is carried out as everyone knows at sequence. Such laminatings are preceded and it is aluminum 203. Flattening polish processing may be carried out by the film 34. When this flattening polish processing is carried out, the front face of the up shielding layer 39 is aluminum 203. It can expose in the interval of the film 34.

[0036] In formation of the material film 63, as shown in the front face of the bottom electrode terminal layer 35 at drawing 12 , laminating formation of the Ta layer 71 of about 5.0nm of thickness, the NiFe layer 72 of about 2.0nm of thickness, the PdPtMn layer 73 of about 15.0nm of thickness, and the CoFeB layer 74 of about 2.0nm of thickness is carried out at sequence. In such laminatings, for example, the sputtering method should just be enforced within a vacuum chamber. In a chamber, oxygen gas is introduced behind the laminating of the CoFeB layer 74. Consequently, the front face of the CoFeB layer 74 oxidizes. The oxide

film is formed in the front face of the CoFeB layer 74 by this oxidation reaction. Then, on the oxide film, laminating formation of the CoFeB layer of about 2.0nm of thickness, Cu layer of about 2.8nm of thickness, the CoFeB layer of about 2.0nm of thickness, and the Ta layer of about 5.0nm of thickness is carried out successively. In the front face of Ta layer, laminating formation of Cu layer of about 10.0nm of thickness or the Au layer of about 10.0nm of thickness may be carried out further.
[0037] In forming an insulating layer 54 in the spin bulb film 36, by the manufacture approach of such spin valve-head components 30, oxygen gas should just be introduced in a chamber like the formation fault of the existing spin bulb film. Formation of an insulating layer 54 is easily realizable in comparison, diverting the existing manufacture approach. The existing manufacturing installation can be used. However, it replaces with installation of oxygen gas and the oxygen plasma may be used.
[0038] The above spin bulb film 36 may be constituted by the single spin bulb film of an order laminated structure as shown in drawing 13 . That is, by this spin bulb film 36, the freedom side ferromagnetism layer 56, the nonmagnetic interlayer 55, the fixed side ferromagnetism layer 53, the antiferromagnetism layer 52, and the Ta layer 57 lay on top of the front face of the substrate layer 51 successively. Between the freedom side ferromagnetism layer 56 and the nonmagnetic interlayer 55, the 1st interface BF is specified like the above-mentioned. The 2nd interface BS is specified between the fixed side ferromagnetism layer 53 and the nonmagnetic interlayer 55. In the fixed side ferromagnetism layer 53, an insulating layer 54 is put between the 1st and the 2nd a little more than magnetic layers 53a and 53b. An insulating layer 54 can be separated from the nonmagnetic interlayer 55 by mediation of 1st a little more than magnetic layer 53a. Such insulating layers 54 should just consist of oxide film formed in the front face of 1st a little more than magnetic layer 53a like the above-mentioned.
[0039] Drawing 14 shows the structure of spin bulb film 36a concerning the 2nd operation gestalt of this invention. The laminating ferry structure film is used for the fixed side ferromagnetism layer 53 in this spin bulb film 36a. This laminating ferry structure film is equipped with 2nd a little more than magnetic layer 75b which puts the Ru layer 76 of about 0.8nm of thickness between 1st a little more than magnetic layer 75a which spreads on the front face of the antiferromagnetism layer 52, and this 1st a little more than magnetic layer 75a. An insulating layer 54 is formed in the front face of 2nd a little more than magnetic layer 75b like the above-mentioned. The

laminating of the 3rd a little more than magnetic layer 75c is further carried out to the front face of an insulating layer 54. In this way, an insulating layer 54 can be separated from the nonmagnetic interlayer 55 by mediation of 3rd a little more than magnetic layer 75c. At this time, each ferromagnetic layers 75a-75c should just consist of CoFeB layers of about 2.0nm of thickness. According to adoption of such laminating ferry structure film, as a result of fixing firmly the magnetization direction of the fixed side ferromagnetism layer 53, compared with the above-mentioned spin bulb film 36, still bigger resistance variation is realizable. In addition, the same reference mark is given to the configuration which realizes the same operation and same function as the above-mentioned. The overlapping explanation is omitted.
[0040] Drawing 15 shows the structure of spin bulb film 36b concerning the 3rd operation gestalt of this invention. In this spin bulb film 36b, insulating-layer 54b is put between the freedom side ferromagnetism layer 56 and the Ta layer 57. Such insulating-layer 54b should just consist of for example, oxide film. Insulating-layer 54b can be separated from the nonmagnetic interlayer 55 by mediation of the freedom side ferromagnetism layer 56. At this time, the thickness of the fixed side ferromagnetism layer 53 or the freedom side ferromagnetism layer 56 should just be respectively set, for example as about 2.0nm. According to such spin bulb film 36b, according to the magnetization direction established in the freedom side ferromagnetism layer 56, big resistance variation is realizable like the above-mentioned spin bulb film 36 and 36a.
[0041] The oxide film is Fe 203 of about 2.0nm of thickness by which laminating formation is carried out on the front face of the freedom side ferromagnetism layer 56. A layer and aluminum 203 What is necessary is just to consist of layers. For example, the sputtering method should just be used for such laminating formation. In addition, in formation of the oxide film, like the above-mentioned, oxygen gas may be introduced in a chamber after membrane formation of the freedom side ferromagnetism layer 56, and the oxygen plasma may be introduced in a chamber. Such oxygen gas and oxygen plasma trigger oxidation reaction on the front face of the freedom side ferromagnetism layer 56. Consequently, the oxide film is formed in the front face of the freedom side ferromagnetism layer 56. In such cases, oxidizing zones-ed, such as Cu layer of about 2.0nm of thickness and Ta layer of about 1.0nm of thickness, may be formed by the front face of the freedom side ferromagnetism layer 56 in advance of installation of oxygen gas or the oxygen plasma.

[0042] With this 3rd operation gestalt, the laminating ferry structure film is used for the fixed side ferromagnetism layer 53 like the above-mentioned spin bulb film 36a. This laminating ferry structure film is equipped with 2nd a little more than magnetic layer 75e which puts the Ru layer 76 of about 0.8nm of thickness between the 75d of the 1st a little more than magnetic layer which spreads on the front face of the antiferromagnetism layer 52, and the 75d of this 1st a little more than magnetic layer. The 75d of the 1st a little more than magnetic layers should just consist of CoFeB layers of about 2.0nm of thickness. On the other hand, 2nd a little more than magnetic layer 75e should just be constituted by the CoFeB layer of about 2.5nm of thickness. According to adoption of such laminating ferry structure film, as a result of fixing firmly the magnetization direction of the fixed side ferromagnetism layer 53, compared with the case where a CoFeB layer is simply adopted as the fixed side ferromagnetism layer 53, big resistance variation is realizable. However, the laminating ferry structure film does not necessarily need to be used for the fixed side ferromagnetism layer 53. In addition, the same reference mark is given to the configuration which realizes the same operation and same function as the above-mentioned. The overlapping explanation is omitted.
[0043] With this 3rd operation gestalt, the joint filter layer 77, i.e., Cu layer, may be put between the freedom side ferromagnetism layer 56 and insulating-layer 54b so that clearly from drawing 15 . Such Cu layers 77 can fully weaken the coercive force Hc of the freedom side ferromagnetism layer 56 so that it may be mentioned later. Moreover, insulating-layer 54b may be formed into the freedom side ferromagnetism layer 56, as shown in drawing 16 . Such insulating-layer 54b should just consist of oxide film put between the 1st and the 2nd a little more than magnetic layers 56a and 56b. Insulating-layer 54b can be separated from the nonmagnetic interlayer 55 by mediation of 1st a little more than magnetic layer 56a. At this time, the thickness of the 1st and the 2nd a little more than magnetic layers 56a and 56b should just be respectively set as about 2.0nm. The thickness of the fixed side ferromagnetism layer 53 should just be set as about 2.0nm.
[0044] Drawing 17 shows the structure of spin bulb film 36c concerning the 4th operation gestalt of this invention. In addition to the insulating layer 54 formed into the fixed side ferromagnetism layer 53 as mentioned above, in this spin bulb film 36c, insulating-layer 54c is put between the freedom side ferromagnetism layer 56 and the Ta layer 57. An insulating layer 54 can be separated from the nonmagnetic interlayer 55 like the above-mentioned by mediation of 3rd a little more than

magnetic layer 79c in the fixed side ferromagnetism layer 53. On the other hand, insulating-layer 54c can be separated from the nonmagnetic interlayer 55 by mediation of the freedom side ferromagnetism layer 56. According to such spin bulb film 36c, according to the magnetization direction established in the freedom side ferromagnetism layer 56, big resistance variation is realizable like the above-mentioned spin bulb film 36, 36a, and 36b. In addition, the same reference mark is given to the configuration which realizes the same operation and same function as the above-mentioned. The overlapping explanation is omitted. However, the laminating ferry structure film does not necessarily need to be used for the fixed side ferromagnetism layer 53 like the above-mentioned.
[0045] Insulating-layer 54c is Fe 203 of about 2.0nm of thickness by which laminating formation is carried out on the front face of the freedom side ferromagnetism layer 56 like the above-mentioned insulating-layer 54b. A layer and aluminum 203 What is necessary is just to consist of layers. For example, the sputtering method should just be used for such laminating formation. In addition, in formation of the oxide film, like the above-mentioned, oxygen gas may be introduced in a chamber after membrane formation of the freedom side ferromagnetism layer 56, and the oxygen plasma may be introduced in a chamber. Such oxygen gas and oxygen plasma trigger oxidation reaction on the front face of the freedom side ferromagnetism layer 56. Consequently, the oxide film is formed in the front face of the freedom side ferromagnetism layer 56. In such cases, oxidizing zones-ed, such as Cu layer of about 2.0nm of thickness and Ta layer of about 1.0nm of thickness, may be formed by the front face of the freedom side ferromagnetism layer 56 in advance of installation of oxygen gas or the oxygen plasma.
[0046] Especially by spin bulb film 36c concerning this 4th operation gestalt, as shown, for example in drawing 18 , it is thought that the so-called speculer dispersion is realized between one pair of insulating layers 54 and 54c. Consequently, according to the magnetization direction established in the freedom side ferromagnetism layer 56, still bigger resistance variation can be attained so that it may be mentioned later. In addition, with this 4th operation gestalt, as shown, for example in drawing 19 , it may be put between the freedom side ferromagnetism layer 56 and insulating-layer 54c, above-mentioned joint filter layer 77, i.e., Cu layer.
[0047] Drawing 20 shows the structure of 36d of spin bulb film concerning the 5th operation gestalt of this invention. 36d of this spin bulb film is constituted by the so-called dual spin bulb film. That is,

by 36d of this spin bulb film, the substrate layer 51, the antiferromagnetism layer 52, the fixed side ferromagnetism layer 53 that puts an insulating layer 54, the nonmagnetic interlayer 55, and the freedom side ferromagnetism layer 56 are accumulated in order like the above-mentioned. An insulating layer 54 can be separated from the nonmagnetic interlayer 55 by mediation of 3rd a little more than magnetic layer 79c in the fixed side ferromagnetism layer 53.
[0048] And on this freedom side ferromagnetism layer 56, **** 78 in nonmagnetic, the fixed side ferromagnetism layer 79, the antiferromagnetism layer 80, and the Ta layer 57 pile up in order. Between the freedom side ferromagnetism layer 56 and the nonmagnetic interlayer 78, the 1st interface BF is specified like the above-mentioned. The 2nd interface BS is prescribed between the fixed side ferromagnetism layer 79 and the nonmagnetic interlayer 78 by on the other hand. The same reference mark is given to the configuration which realizes the same operation and same function as the above-mentioned. The overlapping explanation is omitted.
[0049] With this 5th operation gestalt, the laminating ferry structure film is used for the fixed side ferromagnetism layer 79 like the above-mentioned. The laminating of this laminating ferry structure film is carried out to 1st a little more than magnetic layer 79a which spreads on the nonmagnetic interlayer's 78 front face, for example, catches 54d of insulating layers on a front face, and the front face of 54d of insulating layers, and it is equipped with 2nd a little more than magnetic layer 79b which puts 54d of insulating layers between 1st a little more than magnetic layer 79a. In this way, 54d of insulating layers can be separated from the nonmagnetic interlayer 78 by mediation of 1st a little more than magnetic layer 79a. At this time, 54d of insulating layers should just be formed by the oxide film of for example, 1st a little more than magnetic layer 79a. The laminating of the Ru layer 76 of about 0.8nm of thickness is carried out to the front face of 2nd a little more than magnetic layer 79b. The laminating of the 3rd a little more than magnetic layer 79c is further carried out to the front face of the Ru layer 76. Each ferromagnetic layers 79a-79c should just consist of CoFeB layers of about 2.0nm of thickness. In addition, the nonmagnetic interlayer 78 and the antiferromagnetism layer 80 should just be constituted like the above-mentioned nonmagnetic interlayer 55 or the antiferromagnetism layer 52.
[0050] According to 36d of such spin bulb film, according to the magnetization direction established in the freedom side ferromagnetism layer 56, big resistance variation is realizable like the above-

mentioned spin bulb film 36, 36a-36c. However, the laminating ferry structure film does not necessarily need to be used for the fixed side ferromagnetism layers 53 and 79 like the above-mentioned.

[0051] Drawing 21 shows the structure of spin bulb film 36e concerning the 6th operation gestalt of this invention. In this spin bulb film 36e, insulating-layer 54e is further formed into the freedom side ferromagnetism layer 56 by 36d of spin bulb film concerning the above-mentioned 5th operation gestalt. Such insulating-layer 54e should just consist of for example, oxide film. Insulating-layer 54e can be separated from each nonmagnetic interlayers 55 and 78 by mediation of each ferromagnetic layers 56a and 56b. At this time, the thickness of the ferromagnetic layers 56a and 56b should just be respectively set as about 2.0nm. In addition, the same reference mark is given to the configuration which realizes the same operation and same function as the above-mentioned. The overlapping explanation is omitted. However, the laminating ferry structure film does not necessarily need to be used for the fixed side ferromagnetism layers 53 and 79 like the above-mentioned.

[0052] According to such spin bulb film 36e, according to the magnetization direction established in the freedom side ferromagnetism layer 56, big resistance variation is realizable like the above-mentioned spin bulb film 36, 36a-36d. Especially, by this spin bulb film 36e, it is thought like the above-mentioned that the so-called speculer dispersion is attained between insulating layers 54d and 54e and among insulating layers 54e and 54. Consequently, according to the magnetization direction established in the freedom side ferromagnetism layer 56, still bigger resistance variation can be attained so that it may be mentioned later.

[0053] The oxide film is Fe 203 of about 2.0nm of thickness by which laminating formation is carried out on the front face of 1st a little more than magnetic layer 56a. A layer and aluminum 203 What is necessary is just to consist of layers. For example, the sputtering method should just be used for such laminating formation. In addition, in formation of the oxide film, like the above-mentioned, oxygen gas may be introduced in a chamber after membrane formation of 1st a little more than magnetic layer 56a, and the oxygen plasma may be introduced in a chamber. Such oxygen gas and oxygen plasma trigger oxidation reaction on the front face of for example, 1st a little more than magnetic layer 56a. Consequently, the oxide film is formed in the front face of 1st a little more than magnetic layer 56a. In such cases, oxidizing zones-ed, such as Cu layer of about 2.0nm of thickness and Ta layer of about 1.0nm of thickness, may be formed by the front face of 1st a little more than

magnetic layer 56a in advance of installation of oxygen gas or the oxygen plasma.

[0054] With this 6th operation gestalt, as shown in drawing 22 , the joint filter layer 77, i.e., Cu layer, may be put in the freedom side ferromagnetism layer 56 further again, respectively between each ferromagnetic layers 56a and 56b and insulating-layer 54e. In addition, the same reference mark is given to the configuration which realizes the same operation and same function as the above-mentioned in drawing 22 . The overlapping explanation is omitted. However, the laminating ferry structure film does not necessarily need to be used for the fixed side ferromagnetism layers 53 and 79 like the above-mentioned.

[0055] Drawing 23 shows the structure of 36f of spin bulb film concerning the 7th operation gestalt of this invention. 36f of this spin bulb film is constituted by the dual spin bulb film which shares an antiferromagnetism layer between the spin bulb film of one pair of upper and lower sides. That is, the freedom side ferromagnetism layer 56, the nonmagnetic interlayer 55, the fixed side ferromagnetism layer 53, and the antiferromagnetism layer 52 lay on top of the front face of the substrate layer 51 successively. 54f of insulating layers is formed into the freedom side ferromagnetism layer 56. 54f of such insulating layers should just consist of oxide film put between the 1st and the 2nd a little more than magnetic layers 56a and 56b. 54f of insulating layers can be separated from the nonmagnetic interlayer 55 by mediation of 2nd a little more than magnetic layer 56b. At this time, the thickness of the 1st and the 2nd a little more than magnetic layers 56a and 56b should just be respectively set as about 2.0nm.

[0056] The laminating ferry structure film is used for the fixed side ferromagnetism layer 53. This laminating ferry structure film should just be equipped with 2nd a little more than magnetic layer 75e which puts the Ru layer 76 of about 0.8nm of thickness between the 75d of the 1st a little more than magnetic layer which spreads on the nonmagnetic interlayer's 55 front face, and the 75d of this 1st a little more than magnetic layer. The 75d of the 1st a little more than magnetic layers should just consist of CoFeB layers of about 2.5nm of thickness. On the other hand, 2nd a little more than magnetic layer 75e should just be constituted by the CoFeB layer of about 2.0nm of thickness. However, the laminating ferry structure film does not necessarily need to be used for the fixed side ferromagnetism layer 53 like the above-mentioned. In addition, the same reference mark is given to the configuration which realizes the same operation and same function as the above-mentioned. The overlapping explanation is omitted.

[0057] By 36f of this spin bulb film, the fixed side ferromagnetism layer 83, the nonmagnetic interlayer 84, the freedom side ferromagnetism layer 85, and the Ta layer 57 are accumulated in order on the antiferromagnetism layer 52. Between the freedom side ferromagnetism layer 85 and the nonmagnetic interlayer 84, the 1st interface BF is specified like the above-mentioned. The 2nd interface BS is specified between the fixed side ferromagnetism layer 83 and the nonmagnetic interlayer 84.
[0058] 54g of insulating layers is put between the freedom side ferromagnetism layer 85 and the Ta layer 57. 54g of such insulating layers is Fe 203 of about 2.0nm of thickness like the above-mentioned. What is necessary is just to consist of layers. Fe 203 Laminating formation of the layer should just be carried out for example, by the sputtering method. In this way, 54g of insulating layers can be separated from the nonmagnetic interlayer 84 by mediation of the freedom side ferromagnetism layer 85. At this time, the thickness of the freedom side ferromagnetism layer 85 should just be set as about 2.0nm. The nonmagnetic interlayer 84 should just be constituted like the above-mentioned nonmagnetic interlayer 55.
[0059] The laminating ferry structure film is used for the fixed side ferromagnetism layer 83 at this time. This laminating ferry structure film should just be equipped with 2nd a little more than magnetic layer 75e which puts the Ru layer 76 of about 0.8nm of thickness between the 75d of the 1st a little more than magnetic layer which spreads on the front face of the antiferromagnetism layer 52, and the 75d of this 1st a little more than magnetic layer. The 75d of the 1st a little more than magnetic layers should just consist of CoFeB layers of about 2.0nm of thickness. On the other hand, 2nd a little more than magnetic layer 75e should just be constituted by the CoFeB layer of about 2.5nm of thickness. However, the laminating ferry structure film does not necessarily need to be used for the fixed side ferromagnetism layer 83 like the above-mentioned. According to 36f of such spin bulb film, according to the magnetization direction established in the freedom side ferromagnetism layers 56 and 85, big resistance variation is realizable like the above-mentioned spin bulb film 36, 36a-36e.
[0060] Resistance variation was surveyed with the above CPP structure spin valve-head components 30. 16 kinds of spin bulb film was prepared in this observation. As shown in drawing 4 , the spin bulb film 36 concerning the above-mentioned 1st operation gestalt was built into the spin valve-head component concerning a sample (a1). As shown in drawing 14 , spin bulb film 36a concerning the above-mentioned 2nd operation

gestalt was included in the spin valve-head component concerning a sample (b1).
[0061] Spin bulb film 36b concerning the above-mentioned 3rd operation gestalt was included in the spin valve-head component concerning sample (c1) - (c4). However, by the sample (c1), as shown in drawing 15 , it is in charge of formation of insulating-layer 54b, and in the front face of the freedom side ferromagnetism layer 56, it is Fe 203 with the sputtering method. A layer and aluminum 203 The laminating of the layer was carried out. Moreover, by the sample (c2), the front face of the freedom side ferromagnetism layer 56 was put to oxygen gas in formation of insulating-layer 54b. Furthermore, by the sample (c3), the front face of the freedom side ferromagnetism layer 56 was put to the oxygen plasma in formation of insulating-layer 54b. The Cu layer 77 was put also between neither of the cases, the case between the freedom side ferromagnetism layer 56 and insulating-layer 54b. By the sample (c4), as shown in drawing 16 , insulating-layer 54b was embedded into the freedom side ferromagnetism layer 56 further again. It is in charge of formation of this insulating-layer 54b, and is Fe 203 with the sputtering method in the front face of 1st a little more than magnetic layer 56a. A layer and aluminum 203 The laminating of the layer was carried out.
[0062] Spin bulb film 36c concerning the above-mentioned 4th operation gestalt was included in the spin valve-head component concerning sample (d1) - (d4). However, by the sample (d1), as shown in drawing 17 , it is in charge of formation of insulating-layer 54c, and in the front face of the freedom side ferromagnetism layer 56, it is Fe 203 with the sputtering method. A layer and aluminum 203 The laminating of the layer was carried out. Moreover, by the sample (d2), the front face of the freedom side ferromagnetism layer 56 was put to oxygen gas in formation of insulating-layer 54c. Furthermore, by the sample (d3), the front face of the freedom side ferromagnetism layer 56 was put to the oxygen plasma in formation of insulating-layer 54c. The Cu layer 77 was put also between neither of the cases, the case between the freedom side ferromagnetism layer 56 and insulating-layer 54c. By the sample (d4), as shown in drawing 19 , the joint filter layer 77, i.e., Cu layer, was put between the freedom side ferromagnetism layer 56 and insulating-layer 54c further again. At this time, it is in charge of formation of insulating-layer 54c, and is Fe 203 with the sputtering method on the Cu layer 77. A layer and aluminum 203 The laminating of the layer was carried out.
[0063] As shown in drawing 20 , 36d of spin bulb film concerning the above-mentioned 5th operation gestalt was built into the spin valve-head

component concerning a sample (e1) further again. Similarly, spin bulb film 36e concerning the above-mentioned 6th operation gestalt was included in the spin valve-head component concerning sample (f1) - (f4). However, by the sample (f1), as shown in drawing 21 , it is in charge of formation of insulating-layer 54e, and in the front face of ferromagnetic layer 56a, it is Fe 203 with the sputtering method. A layer and aluminum 203 The laminating of the layer was carried out. Moreover, by the sample (f2), the front face of ferromagnetic layer 56a was put to oxygen gas in formation of insulating-layer 54e. Furthermore, by the sample (f3), the front face of ferromagnetic layer 56a was put to the oxygen plasma in formation of insulating-layer 54e. The Cu layer 77 was put also between neither of the cases, the case between the ferromagnetic layers 56a and 56b and insulating-layer 54e. By the sample (f4), as shown in drawing 22 , the joint filter layer 77, i.e., Cu layer, was put further again between each ferromagnetic layers 56a and 56b and insulating-layer 54e. At this time, it is in charge of formation of insulating-layer 54e, and is Fe 203 with the sputtering method on the Cu layer 77. A layer and aluminum 203 The laminating of the layer was carried out. In addition, as shown in drawing 23 , 36f of spin bulb film concerning the above-mentioned 7th operation gestalt was built into the spin valve-head component concerning a sample (g1).

[0064] In this observation, four kinds of examples of a comparison were prepared. With the spin valve-head component concerning a sample (a0), the insulating layer 54 was removed from the above-mentioned sample (a1). The thickness of the fixed side ferromagnetism layer 53 was set as 4.5nm. With the spin valve-head component concerning a sample (b0), the insulating layer 54 was removed from the above-mentioned sample (b1). At this time, the thickness of a ferromagnetic layer in contact with the nonmagnetic interlayer 55 was set as 2.5 micrometers. With the spin valve-head component concerning a sample (e0), insulating layers 54 and 54d were removed from the above-mentioned sample (e1). The thickness of a ferromagnetic layer in contact with the nonmagnetic interlayers 55 and 78 was respectively set as 2.5 micrometers. Furthermore, with the spin valve-head component concerning a sample (g0), insulating layers 54f and 54g were removed from the above-mentioned sample (g1). [Table 1] - [Table 4] was obtained as a result of such an observation.

[0065]

[Table 1]

[0066]
[Table 2]

[0067]
[Table 3]

[0068]
[Table 4]

[0069] [Table 1] The sample from which the insulating layer was removed so that clearly from - [Table 4] (a0), (b0) -- and (e0) (g0) -- comparing -- a sample (a1), (b1), - (c1) (c4), (e1), and - (f1) (f4) -- and (g1) -- **** -- large -- component size 1.0micrometer2 Resistance variation **R at the time increased. Consequently, based on insertion of insulating layers 54, 54b-54g, it was checked that resistance variation **R of the spin valve-head component 30 increases. especially -- a sample (c1), (c4), (d1), and (d4) -- and (f1) (f4) like The sputtering method is used and it is Fe 203. A layer and aluminum 203 With the spin valve-head component 30 in which oxide film called a layer was formed Remarkable big resistance variation deltaR was attained compared with the spin valve-head component in which the oxide film was formed based on installation and the oxygen plasma of oxygen gas. And so that clearly from sample (d1) - (d4) and sample (f1) - (f4) The insulating layers 54 and 54d separated from the nonmagnetic interlayers 55 and 78 in the fixed side ferromagnetism layer 53 and the ferromagnetic layers 53b and 79a in 79, It was checked with the spin valve-head component 30 which equips coincidence with the insulating layers 54c and 54e separated from the nonmagnetic middle class 55 and 78 in the freedom side ferromagnetism layers 56, 56a, and 56b that resistance variation **R

increases remarkably.
[0070] Furthermore, an artificer is [oxidation time amount i.e., the introductory persistence time of oxygen gas, and] 2 1 micrometer at the above-mentioned sample (b1). The resistance R at the time and relation with resistance variation deltaR were verified. At this time, the amount of installation of oxygen was set as 0.2 [sccm]. As shown in drawing 24 (a) and (b), when oxidation time amount exceeded 100 [s], it was checked that high resistance variation **R and MR ratio are realized.
[0071] It is [the thickness of insulating-layer 54b, and] 2 1 micrometer at the sample (c1) of the above-mentioned [an artificer] further again. The resistance R at the time and relation with resistance variation deltaR were verified. As shown in drawing 25 (a) and (b), when the thickness of insulating-layer 54b was set as 3.0nm, it was checked that resistance variation **R and MR ratio show maximum.
[0072] It is [oxidation time amount, i.e., the introductory persistence time of oxygen gas, and] 2 1 micrometer at the sample (c2) of the above-mentioned [an artificer] further again. The resistance R at the time and relation with resistance variation deltaR were verified. At this time, the amount of installation of oxygen was set as 0.2 [sccm]. As shown in drawing 26 (a) and (b), when oxidation time amount exceeded 100 [s], it was checked that high resistance variation **R and MR ratio are realized.
[0073] It is [oxidation time amount, i.e., the application persistence time of the oxygen plasma, and] 2 1 micrometer at the sample (c3) of the above-mentioned [an artificer] further again. The resistance R at the time and relation with resistance variation deltaR were verified. At this time, oxygen pressure was set as 1.0 [Pa]. As shown in drawing 27 (a) and (b), when oxidation time amount exceeded 300 [s], it was checked that high resistance variation **R is attained. When oxidation time amount was set as 300 [s], it was checked that MR ratio shows maximum.
[0074] It is [the thickness of insulating-layer 54c, and] 2 1 micrometer at the sample (d1) of the above-mentioned [an artificer] further again. The resistance R at the time and relation with resistance variation deltaR were verified. As shown in drawing 28 (a) and (b), when the thickness of insulating-layer 54c was set as 3.0nm, it was checked that resistance variation **R and MR ratio show maximum.
[0075] It is [the oxidation time amount of the freedom side ferromagnetism layer 56, i.e., the introductory persistence time of oxygen gas, and] 2 1 micrometer at the sample (d2) of the above-mentioned [an artificer] further again. The resistance R at the time and relation with resistance variation deltaR were verified. At this

time, the amount of installation of oxygen was set as 0.2 [sccm]. As shown in drawing 29 (a) and (b), when oxidation time amount exceeded 100 [s], it was checked that high resistance variation **R and MR ratio are realized.
[0076] It is [the oxidation time amount of the freedom side ferromagnetism layer 56, i.e., the application persistence time of the oxygen plasma, and] 2 1 micrometer at the sample (d3) of the above-mentioned [an artificer] further again. The resistance R at the time and relation with resistance variation deltaR were verified. At this time, oxygen pressure was set as 1.0 [Pa]. As shown in drawing 30 (a) and (b), when oxidation time amount exceeded 300 [s], it was checked that high resistance variation **R is attained. When oxidation time amount was set as 300 [s], it was checked that MR ratio shows maximum.
[0077] Furthermore, the artificer verified the relation between the thickness of the joint filter layer 77, i.e., Cu layer, and resistance variation **R by the above-mentioned sample (d4). Consequently, with the CPP structure spin valve-head component 30, it was checked irrespective of the thickness of the Cu layer 77 that fixed resistance variation **R is attained so that clearly from drawing 31 (a). And when the thickness of the Cu layer 77 exceeded 1.0nm, it was checked that the coercive force Hc of the freedom side ferromagnetism layer 56 declines remarkably. The effectiveness of the joint filter layer 77, i.e., Cu layer, was proved. Especially the thickness of the Cu layer 77 is wanted to be set as 2.0nm or more.
[0078] As it is one of these, for example, is shown in drawing 31 (b), with the so-called CIP (current in-the-plane) structure spin valve-head component, resistance variation **R will decrease as the thickness of a joint filter layer, i.e., Cu layer, increases. With this CIP structure spin valve-head component, the current was supplied to spin bulb film 36c from one pair of electrode terminals which put spin bulb film 36c from both sides as everyone knows along the front face of the non-magnetic layer by which a laminating is carried out for example, on the above-mentioned lower shielding layer 32, or the magnetic-domain control film.
[0079] It is [the thickness of insulating-layer 54e, and] 2 1 micrometer at the sample (f1) of the above-mentioned [an artificer] further again. The resistance R at the time and relation with resistance variation deltaR were verified. As shown in drawing 32 (a) and (b), when the thickness of insulating-layer 54e was set as 3.0nm, it was checked that resistance variation **R and MR ratio show maximum.
[0080] It is [the oxidation time amount of ferromagnetic layer 56a,

i.e., the application persistence time of the oxygen plasma, and] 2 1 micrometer at the sample (f3) of the above-mentioned [an artificer] further again. The resistance R at the time and relation with resistance variation deltaR were verified. At this time, oxygen pressure was set as 1.0 [Pa]. As shown in drawing 33 (a) and (b), when oxidation time amount was set as 300 [s], it was checked that resistance variation **R and MR ratio show ********.

[0081] In addition, the above insulating layers 54, 54b-54g should just contain the compound which consists of at least two or more kinds of elements. Others, a nitride and carbide, and boride can be contained in such compounds. [oxide / above-mentioned]

[0082] (Additional remark 1) CPP structure spin valve head characterized by having a freedom side ferromagnetism layer, the nonmagnetic interlayer who contacts a freedom side ferromagnetism layer in the 1st interface, the fixed side ferromagnetism layer which contacts a nonmagnetic interlayer in the 2nd interface, and the insulating layer separated from a nonmagnetic interlayer in a fixed side ferromagnetism layer.

[0083] (Additional remark 2) It is the CPP structure spin valve head characterized by including the compound with which said insulating layer consists of at least two kinds of elements in the CPP structure spin valve head of a publication in additional remark 1.

[0084] (Additional remark 3) It is the CPP structure spin valve head characterized by said compound being oxide in a CPP structure spin valve head given in additional remark 2.

[0085] (Additional remark 4) It is the CPP structure spin valve head characterized by putting said insulating layer in one pair of fixed side ferromagnetism layers in a CPP structure spin valve head given in additional remark 1.

[0086] (Additional remark 5) CPP structure spin valve head characterized by having a freedom side ferromagnetism layer, the nonmagnetic interlayer who contacts a freedom side ferromagnetism layer in the 1st interface, the fixed side ferromagnetism layer which contacts a nonmagnetic interlayer in the 2nd interface, and the insulating layer separated from a nonmagnetic interlayer in a freedom side ferromagnetism layer.

[0087] (Additional remark 6) It is the CPP structure spin valve head characterized by including the compound with which said insulating layer consists of at least two kinds of elements in the CPP structure spin valve head of a publication in additional remark 5.

[0088] (Additional remark 7) It is the CPP structure spin valve head

characterized by said compound being oxide in a CPP structure spin valve head given in additional remark 6.
[0089] (Additional remark 8) It is the CPP structure spin valve head characterized by putting said insulating layer in a freedom side [one pair] ferromagnetism layer in a CPP structure spin valve head given in additional remark 5.
[0090] (Additional remark 9) CPP structure spin valve head characterized by having further the insulating layer separated from said nonmagnetic middle class in said fixed side ferromagnetism layer in a CPP structure spin valve head given in additional remark 5.
[0091] (Additional remark 10) It is the CPP structure spin valve head characterized by including the compound with which said insulating layer consists of at least two kinds of elements in the CPP structure spin valve head of a publication in additional remark 9.
[0092] (Additional remark 11) It is the CPP structure spin valve head characterized by said compound being oxide in a CPP structure spin valve head given in additional remark 10.
[0093] (Additional remark 12) It is the CPP structure spin valve head characterized by putting said insulating layer in one pair of fixed side ferromagnetism layers in a CPP structure spin valve head given in additional remark 9.
[0094]
[Effect of the Invention] According to this invention, certainly big resistance variation can be attained as mentioned above with the same number of laminatings as the existing spin bulb film.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]
[Drawing 1] It is the top view showing the structure of hard disk drive (HDD) roughly.
[Drawing 2] It is the expansion perspective view showing roughly the structure of the surfacing head slider concerning one example.
[Drawing 3] It is the expansion front view showing the situation of the read-out write-in head observed in respect of surfacing.
[Drawing 4] It is the expansion side elevation showing the structure of the spin bulb film concerning the 1st operation gestalt of this invention.

[Drawing 5] It is the conceptual diagram showing work of an insulating layer.
[Drawing 6] It is the fragmentary sectional view showing one process included in the manufacture approach of a spin valve-head component.
[Drawing 7] It is the fragmentary sectional view showing one process included in the manufacture approach of a spin valve-head component.
[Drawing 8] It is the fragmentary sectional view showing one process included in the manufacture approach of a spin valve-head component.
[Drawing 9] It is the fragmentary sectional view showing one process included in the manufacture approach of a spin valve-head component.
[Drawing 10] It is the fragmentary sectional view showing one process included in the manufacture approach of a spin valve-head component.
[Drawing 11] It is the fragmentary sectional view showing one process included in the manufacture approach of a spin valve-head component.
[Drawing 12] It is the expansion fragmentary sectional view showing roughly the formation process of the insulating layer included in the spin bulb film.
[Drawing 13] It is the expansion side elevation showing the structure of the spin bulb film concerning the example of a complete-change form of the 1st operation gestalt.
[Drawing 14] It is the expansion side elevation showing the structure of the spin bulb film concerning the 2nd operation gestalt of this invention.
[Drawing 15] It is the expansion side elevation showing the structure of the spin bulb film concerning the 3rd operation gestalt of this invention.
[Drawing 16] It is the expansion side elevation showing the structure of the spin bulb film concerning the example of a complete-change form of the 3rd operation gestalt.
[Drawing 17] It is the expansion side elevation showing the structure of the spin bulb film concerning the 4th operation gestalt of this invention.
[Drawing 18] It is the conceptual diagram showing the principle of speculer diffusion.
[Drawing 19] It is the expansion side elevation showing the structure of the spin bulb film concerning the example of a complete-change form of the 4th operation gestalt.
[Drawing 20] It is the expansion side elevation showing the structure of the spin bulb film concerning the 5th operation gestalt of this invention.
[Drawing 21] It is the expansion side elevation showing the structure of

the spin bulb film concerning the 6th operation gestalt of this invention.

[Drawing 22] It is the expansion side elevation showing the structure of the spin bulb film concerning the example of a complete-change form of the 6th operation gestalt.

[Drawing 23] It is the expansion side elevation showing the structure of the spin bulb film concerning the 7th operation gestalt of this invention.

[Drawing 24] It is a spin valve-head component concerning a sample (b1), and is the graph which shows the relation between the oxidation time amount under (a) oxygen ambient atmosphere, resistance, and resistance variation, and the relation between the oxidation time amount under (b) oxygen ambient atmosphere, and MR ratio.

[Drawing 25] It is a spin valve-head component concerning a sample (c1), and is the graph which shows the relation between the thickness of the (a) insulating layer, resistance, and resistance variation, and the relation between the thickness of the (b) insulating layer, and MR ratio.

[Drawing 26] It is a spin valve-head component concerning a sample (c2), and is the graph which shows the relation between the oxidation time amount under (a) oxygen ambient atmosphere, resistance, and resistance variation, and the relation between the oxidation time amount under (b) oxygen ambient atmosphere, and MR ratio.

[Drawing 27] It is the graph which is a spin valve-head component concerning a sample (c3), and shows the relation between the oxidation time amount based on (a) oxygen plasma, resistance, and resistance variation, and the relation between the oxidation time amount based on (b) oxygen plasma, and MR ratio.

[Drawing 28] relation with the thickness of an insulating layer, the resistance, and resistance variation which are a spin valve-head component concerning a sample (d1), and are formed on (a) freedom side ferromagnetism layer, and (b) -- it is the graph which similarly shows the relation between the thickness of an insulating layer, and MR ratio.

[Drawing 29] It is a spin valve-head component concerning a sample (d2), and is the graph which shows the relation between the oxidation time amount of (a) freedom side ferromagnetism layer, resistance, and resistance variation, and the relation between the oxidation time amount of (b) freedom side ferromagnetism layer, and MR ratio.

[Drawing 30] It is a spin valve-head component concerning a sample (d3), and is the graph which shows the relation between the oxidation time amount of a freedom side ferromagnetism layer based on (a) oxygen plasma, resistance, and resistance variation, and the relation between the

oxidation time amount of a freedom side ferromagnetism layer based on (b) oxygen plasma, and MR ratio.

[Drawing 31] It is a spin valve-head component concerning a sample (d4), and is the graph which shows the relation between the thickness of a joint filter layer, and the coercive force of resistance variation and a freedom side ferromagnetism layer.

[Drawing 32] relation with the thickness of an insulating layer, the resistance, and resistance variation which are a spin valve-head component concerning a sample (f1), and are formed on (a) freedom side ferromagnetism layer, and (b) -- it is the graph which similarly shows the relation between the thickness of an insulating layer, and MR ratio.

[Drawing 33] It is a spin valve-head component concerning a sample (f3), and is the graph which shows the relation between the oxidation time amount of a freedom side ferromagnetism layer based on (a) oxygen plasma, resistance, and resistance variation, and the relation between the oxidation time amount of a freedom side ferromagnetism layer based on (b) oxygen plasma, and MR ratio.

[Description of Notations]

31 CPP structure spin valve head, 36, 36a-36h The spin bulb film, 53 Fixed side ferromagnetism layer, 54, 54b-54g An insulating layer, 55 A nonmagnetic interlayer, 56 A freedom side ferromagnetism layer, 78 A nonmagnetic interlayer, 79 A fixed side ferromagnetism layer, 83 fixed-side ferromagnetism layer, 84 A nonmagnetic interlayer, 85 A freedom side ferromagnetism layer, BF The 1st interface, BS The 2nd interface.

(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12) **公開特許公報**（Ａ）　(11)特許出願公開番号
特開2002－157711
（P2002－157711A）
(43)公開日　平成14年5月31日(2002.5.31)

(51)Int.Cl.7	識別記号	F I		テーマコード*(参考)
G11B　5/39		G11B　5/39		2G017
G01R　33/09		H01F　10/32		5D034
H01F　10/32		H01L　43/08	Z	5E049
H01L　43/08		G01R　33/06	R	

審査請求　未請求　請求項の数9　ＯＬ　（全 22 頁）

(21)出願番号　特願2000－349106(P2000－349106)

(22)出願日　平成12年11月16日(2000.11.16)

(71)出願人　000005223
富士通株式会社
神奈川県川崎市中原区上小田中４丁目１番１号

(72)発明者　瀬山　喜彦
神奈川県川崎市中原区上小田中４丁目１番１号　富士通株式会社内

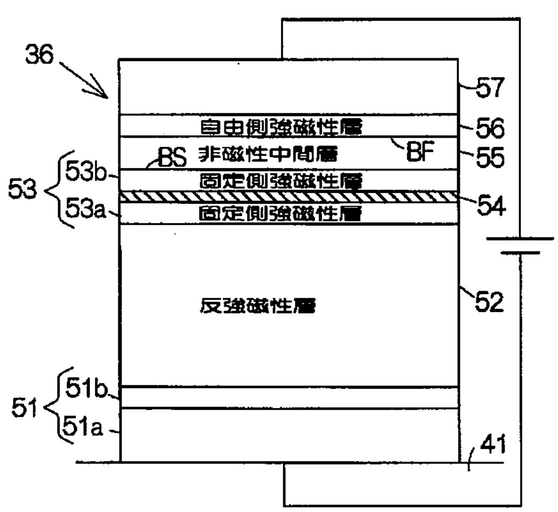
(72)発明者　田中　厚志
神奈川県川崎市中原区上小田中４丁目１番１号　富士通株式会社内

(74)代理人　100105094
弁理士　山▲崎▼　薫

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　ＣＰＰ構造スピンバルブヘッド

(57)【要約】
【課題】　少ない積層数で確実に大きな抵抗変化量を得ることができるＣＰＰ構造スピンバルブヘッドを提供する。
【解決手段】　ＣＰＰ構造スピンバルブヘッド３６では、センス電流は絶縁層５４を突き抜ける。絶縁層５４に形成される微細な欠陥すなわちピンホールの働きで絶縁層５４をまたぐ電子の移動は実現されると考えられる。ピンホールに電流は集中する。その結果、こういったスピンバルブヘッド３６では、電流の通過断面が縮小される際と同様に、自由側強磁性層５６で確立される磁化方向の反転に応じて大きな抵抗変化量が実現されることができる。こういったＣＰＰ構造スピンバルブヘッド３６は磁気記録の一層の高密度化に大いに貢献することができる。このスピンバルブヘッド３６では、いわゆるトンネル接合磁気抵抗効果素子に比べて抵抗値は低減される。サーマルノイズの発生は抑制される。



【特許請求の範囲】

【請求項１】　自由側強磁性層と、第１境界面で自由側強磁性層に接触する非磁性中間層と、第２境界面で非磁性中間層に接触する固定側強磁性層と、固定側強磁性層で非磁性中間層から隔てられる絶縁層とを備えることを特徴とするＣＰＰ構造スピンバルブヘッド。

【請求項２】　請求項１に記載のＣＰＰ構造スピンバルブヘッドにおいて、前記絶縁層は、少なくとも２種類の元素からなる化合物を含むことを特徴とするＣＰＰ構造スピンバルブヘッド。

【請求項３】　請求項２に記載のＣＰＰ構造スピンバルブヘッドにおいて、前記化合物は酸化物であることを特徴とするＣＰＰ構造スピンバルブヘッド。

【請求項４】　請求項１に記載のＣＰＰ構造スピンバルブヘッドにおいて、前記絶縁層は１対の固定側強磁性層で挟み込まれることを特徴とするＣＰＰ構造スピンバルブヘッド。

【請求項５】　自由側強磁性層と、第１境界面で自由側強磁性層に接触する非磁性中間層と、第２境界面で非磁性中間層に接触する固定側強磁性層と、自由側強磁性層で非磁性中間層から隔てられる絶縁層とを備えることを特徴とするＣＰＰ構造スピンバルブヘッド。

【請求項６】　請求項５に記載のＣＰＰ構造スピンバルブヘッドにおいて、前記絶縁層は、少なくとも２種類の元素からなる化合物を含むことを特徴とするＣＰＰ構造スピンバルブヘッド。

【請求項７】　請求項６に記載のＣＰＰ構造スピンバルブヘッドにおいて、前記化合物は酸化物であることを特徴とするＣＰＰ構造スピンバルブヘッド。

【請求項８】　請求項５に記載のＣＰＰ構造スピンバルブヘッドにおいて、前記絶縁層は１対の自由側強磁性層で挟み込まれることを特徴とするＣＰＰ構造スピンバルブヘッド。

【請求項９】　請求項５に記載のＣＰＰ構造スピンバルブヘッドにおいて、前記固定側強磁性層で前記非磁性中間層から隔てられる絶縁層をさらに備えることを特徴とするＣＰＰ構造スピンバルブヘッド。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】本発明は、自由側強磁性層と、第１境界面で自由側強磁性層に接触する非磁性中間層と、第２境界面で非磁性中間層に接触する固定側強磁性層とを備えるスピンバルブ膜に関し、特に、こういったスピンバルブ膜内で第１および第２境界面の鉛直方向に沿ってセンス電流を流通させるＣＰＰ（ｃｕｒｒｅｎｔ　ｐｅｒｐｅｎｄｉｃｕｌａｒ－ｔｏ－ｔｈｅ－ｐｌａｎｅ）構造スピンバルブヘッドに関する。

【０００２】

【従来の技術】ＣＰＰ構造磁気抵抗効果ヘッドでは、積層されるＧＭＲ（巨大磁気抵抗効果）膜の積層数が増加すればするほど、大きな抵抗変化量が得られる。周知の通り、抵抗変化量が大きければ、小さな電流値のセンス電流で２値の磁気情報は正確に読み取られることができる。特に、こういったＣＰＰ構造磁気抵抗効果ヘッドでは、コア幅の縮小に拘わらず大きな抵抗変化量は維持されることができる。ＣＰＰ構造磁気抵抗効果ヘッドは磁気記録の一層の高密度化に大いに貢献すると考えられる。

【０００３】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、こうして多数のＧＭＲ膜が積層されると、コア幅の縮小に伴い記録トラック密度は向上されることができても、線密度の向上すなわちビット長の短縮化は妨げられてしまう。磁気記録の高密度化は期待されるとおりに達成されることはできない。しかも、こういったＣＰＰ構造磁気抵抗効果ヘッドでは、自由側強磁性層の磁区を制御することが難しい。

【０００４】本発明は、上記実状に鑑みてなされたもので、少ない積層数で確実に大きな抵抗変化量を得ることができるＣＰＰ構造スピンバルブヘッドを提供することを目的とする。

【０００５】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、第１発明によれば、自由側強磁性層と、第１境界面で自由側強磁性層に接触する非磁性中間層と、第２境界面で非磁性中間層に接触する固定側強磁性層と、固定側強磁性層で非磁性中間層から隔てられる絶縁層とを備えることを特徴とするＣＰＰ構造スピンバルブヘッドが提供される。

【０００６】また、第２発明によれば、自由側強磁性層と、第１境界面で自由側強磁性層に接触する非磁性中間層と、第２境界面で非磁性中間層に接触する固定側強磁性層と、自由側強磁性層で非磁性中間層から隔てられる絶縁層とを備えることを特徴とするＣＰＰ構造スピンバルブヘッドが提供される。

【０００７】こういったＣＰＰ構造スピンバルブヘッドでは、外部から作用する磁界の向きに応じて自由側強磁性層の磁化方向は回転する。こうして自由側強磁性層の磁化方向が回転すると、スピンバルブヘッドの電気抵抗は大きく変化する。第１境界面や第２境界面の鉛直方向に沿ってセンス電流が流通すると、電気抵抗の変化に応じてセンス電流にはレベルの変化（例えば電圧変化）が出現する。

【０００８】このとき、スピンバルブヘッドではセンス電流は絶縁層を突き抜ける。絶縁層に形成される微細な欠陥すなわちピンホールの働きで絶縁層をまたぐ電子の移動は実現されると考えられる。ピンホールに電流は集中する。その結果、こういったスピンバルブヘッドでは、電流の通過断面が縮小される際と同様に、自由側強磁性層で確立される磁化方向の反転に応じて大きな抵抗

変化量が実現されることができる。こういったＣＰＰ構造スピンバルブヘッドは磁気記録の一層の高密度化に大いに貢献することができる。しかも、こういったスピンバルブヘッドでは、いわゆるトンネル接合磁気抵抗効果（ＴＭＲ）素子に比べて抵抗値は例えば１／１０程度といった具合に低減される。いわゆるサーマルノイズの発生は抑制されることができる。ただし、センス電流は少なくとも鉛直方向成分を備えればよい。

【０００９】絶縁層は、少なくとも２種類の元素からなる化合物を含めばよい。このとき、化合物には、酸化物のほか、窒化物や炭化物、硼化物が含まれることができる。例えば絶縁層は１対の固定側強磁性層や１対の自由側強磁性層で挟み込まれてもよい。絶縁層の形成にあたっては、例えばスパッタリング法に基づく化合物の堆積が用いられてもよい。その他、固定側強磁性層や自由側強磁性層の表面に酸素や窒素といった反応性元素が結びつけられれば、絶縁層は形成されることができる。

【００１０】さらに、第３発明によれば、自由側強磁性層と、第１境界面で自由側強磁性層に接触する非磁性中間層と、第２境界面で非磁性中間層に接触する固定側強磁性層と、固定側強磁性層で非磁性中間層から隔てられる第１絶縁層と、自由側強磁性層で非磁性中間層から隔てられる第２絶縁層とを備えることを特徴とするＣＰＰ構造スピンバルブヘッドが提供される。

【００１１】こういったＣＰＰ構造スピンバルブヘッドによれば、前述と同様に、絶縁層に形成される微細な欠陥すなわちピンホールの働きでピンホールに電流は集中する。その結果、こういったスピンバルブヘッドでは、電流の通過断面が縮小される際と同様に、自由側強磁性層で確立される磁化方向の反転に応じて大きな抵抗変化量が実現されることができる。しかも、このスピンバルブヘッドでは、１対の絶縁層の間でいわゆるスペキュラー散乱が達成されると考えられる。その結果、自由側強磁性層で確立される磁化方向に応じてさらに大きな抵抗変化量は実現されることができる。

【００１２】なお、こういったＣＰＰ構造スピンバルブヘッドは、例えばハードディスク駆動装置（ＨＤＤ）といった磁気記録媒体駆動装置に組み込まれて使用されればよい。

【００１３】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照しつつ本発明の一実施形態を説明する。

【００１４】図１は磁気記録媒体駆動装置の一具体例すなわちハードディスク駆動装置（ＨＤＤ）１１の内部構造を概略的に示す。このＨＤＤ１１は、例えば平たい直方体の内部空間を区画する箱形の筐体本体１２を備える。収容空間には、記録媒体としての１枚以上の磁気ディスク１３が収容される。磁気ディスク１３はスピンドルモータ１４の回転軸に装着される。スピンドルモータ１４は、例えば７２００ｒｐｍや１００００ｒｐｍといった高速度で磁気ディスク１３を回転させることができる。筐体本体１２には、筐体本体１２との間で収容空間を密閉する蓋体すなわちカバー（図示せず）が結合される。

【００１５】収容空間には、垂直方向に延びる支軸１５回りで揺動するキャリッジ１６がさらに収容される。このキャリッジ１６は、支軸１５から水平方向に延びる剛体の揺動アーム１７と、この揺動アーム１７の先端に取り付けられて揺動アーム１７から前方に延びる弾性サスペンション１８とを備える。周知の通り、弾性サスペンション１８の先端では、いわゆるジンバルばね（図示せず）の働きで浮上ヘッドスライダ１９は片持ち支持される。浮上ヘッドスライダ１９には、磁気ディスク１３の表面に向かって弾性サスペンション１８から押し付け力が作用する。磁気ディスク１３の回転に基づき磁気ディスク１３の表面で生成される気流の働きで浮上ヘッドスライダ１９には浮力が作用する。弾性サスペンション１８の押し付け力と浮力とのバランスで磁気ディスク１３の回転中に比較的に高い剛性で浮上ヘッドスライダ１９は浮上し続けることができる。

【００１６】こうした浮上ヘッドスライダ１９の浮上中に、キャリッジ１６が支軸１５回りで揺動すると、浮上ヘッドスライダ１９は半径方向に磁気ディスク１３の表面を横切ることができる。こうした移動に基づき浮上ヘッドスライダ１９は磁気ディスク１３上の所望の記録トラックに位置決めされる。このとき、キャリッジ１６の揺動は例えばボイスコイルモータ（ＶＣＭ）といったアクチュエータ２１の働きを通じて実現されればよい。周知の通り、複数枚の磁気ディスク１３が筐体本体１２内に組み込まれる場合には、隣接する磁気ディスク１３同士の間で１本の揺動アーム１７に対して２つの弾性サスペンション１８が搭載される。

【００１７】図２は浮上ヘッドスライダ１９の一具体例を示す。この浮上ヘッドスライダ１９は、平たい直方体に形成されるAl_2O_3－ＴｉＣ（アルチック）製のスライダ本体２２と、このスライダ本体２２の空気流出端に接合されて、読み出し書き込みヘッド２３を内蔵するAl_2O_3（アルミナ）製のヘッド素子内蔵膜２４とを備える。スライダ本体２２およびヘッド素子内蔵膜２４には、磁気ディスク１３に対向する媒体対向面すなわち浮上面２５が規定される。磁気ディスク１３の回転に基づき生成される気流２６は浮上面２５に受け止められる。

【００１８】浮上面２５には、空気流入端から空気流出端に向かって延びる２筋のレール２７が形成される。各レール２７の頂上面にはいわゆるＡＢＳ（空気軸受け面）２８が規定される。ＡＢＳ２８では気流２６の働きに応じて前述の浮力が生成される。ヘッド素子内蔵膜２４に埋め込まれた読み出し書き込みヘッド２３は、後述されるように、ＡＢＳ２８で露出する。なお、浮上ヘッ

ドスライダ１９の形態はこういった形態に限られるものではない。

【００１９】図３は浮上面２５の様子を詳細に示す。読み出し書き込みヘッド２３は、磁気ディスク１３から作用する磁界に応じて変化する抵抗に基づき２値情報を読み取るＣＰＰ構造スピンバルブヘッド素子３０と、導電コイルパターン（図示せず）で生起される磁界を利用して磁気ディスク１３に２値情報を書き込む誘導書き込みヘッド素子３１とを備える。スピンバルブヘッド素子３０は、例えばＦｅＮやＮｉＦｅといった材料から構成される下部シールド層３２の表面に形成される。下部シールド層３２は、例えば、前述のヘッド素子内蔵膜２４の下側半層を構成するAl_2O_3（アルミナ）膜３３の表面に広がる。スピンバルブヘッド素子３０は、下部シールド層３２の表面に積層されるAl_2O_3（アルミナ）膜といった非磁性層３４に埋め込まれる。

【００２０】スピンバルブヘッド素子３０は、基礎層すなわち下部シールド層３２の表面に沿って広がる下側電極端子層３５を備える。この下側電極端子層３５は、例えばＡｕやＣｕといった導電性金属材料から形成されればよい。下側電極端子層３５の表面にはスピンバルブ膜３６が積層される。スピンバルブ膜３６の詳細は後述される。

【００２１】このスピンバルブ膜３６は、同様に基礎層すなわち下部シールド層３２の表面に沿って広がる１対の磁区制御膜３７に挟み込まれる。磁区制御膜３７は例えばＣｏＣｒＰｔから構成されればよい。この磁区制御膜３７は、周知の通り、スピンバルブ膜３６を横切る１方向に沿って磁化方向を規定することができる。この磁区制御膜３７の働きで、スピンバルブ膜３６内では自由側強磁性層（ｆｒｅｅｌａｙｅｒ）の単磁区化は実現される。スピンバルブ膜３６および磁区制御膜３７は、下側電極端子層３５の表面に積層される絶縁層３８に埋め込まれる。絶縁層３８は例えばAl_2O_3膜やSiO_2膜から構成されればよい。

【００２２】絶縁層３８の表面には上部シールド層３９が広がる。この上部シールド層３９は、下部シールド層３２との間にスピンバルブ膜３６を挟み込む。上部シールド層３９は例えばＮｉＦｅから構成されればよい。スピンバルブ膜３６の表面には、絶縁層３８の合間から延びる上部シールド層３９が受け止められる。すなわち、こうしてスピンバルブ膜３６に接触する上部シールド層３９はスピンバルブヘッド素子３０の上側電極端子層として機能する。この上部シールド層３９および下側電極端子層３５の働きでスピンバルブ膜３６にはセンス電流が供給されることができる。上部シールド層３９と磁区制御膜３７とは絶縁層３８の働きで相互に隔離される。

【００２３】以上のような上部シールド層３９は同時に誘導書き込みヘッド素子３１の下部磁極層として機能する。すなわち、上部シールド層３９の表面には非磁性ギャップ層４０が配置される。非磁性ギャップ層４０は例えばAl_2O_3（アルミナ）で構成されればよい。上部シールド層３９には、この非磁性ギャップ層４０を挟んで上部磁極層４１が向き合う。上部磁極層４１は例えばＮｉＦｅから構成されればよい。周知の通り、導電コイルパターンで磁界が生起されると、非磁性ギャップ層４０の働きで、上部磁極層４１と上部シールド層３９とを行き交う磁束流は浮上面２５から漏れ出る。こうして漏れ出る磁束流によって記録磁界（ギャップ磁界）は形成される。

【００２４】上部磁極層４１は、非磁性ギャップ層４０の表面に沿って広がるAl_2O_3（アルミナ）膜４２に覆われる。このAl_2O_3膜４２は前述のヘッド素子内蔵膜２４の上側半層を構成する。すなわち、Al_2O_3膜４２は前述のAl_2O_3膜３３と協働してヘッド素子内臓膜２４を構成する。

【００２５】ここで、本発明の第１実施形態に係るスピンバルブ膜３６の構造を詳細に説明する。このスピンバルブ膜３６は、図４に示されるように、逆積層構造のシングルスピンバルブ膜に構成される。すなわち、スピンバルブ膜３６は、下側電極端子層３５の表面に広がる下地層５１を備える。この下地層５１は、例えば下側電極端子層３５の表面に広がる膜厚５．０ｎｍ程度のＴａ層５１ａと、このＴａ層５１ａの表面に広がる膜厚２．０ｎｍ程度のＮｉＦｅ層５１ｂとで構成されればよい。下地層５１の表面には、例えば膜厚１５．０ｎｍ程度のＰｄＰｔＭｎ層で構成される反強磁性層（ｐｉｎｎｉｎｇ　ｌａｙｅｒ）５２が重ね合わせられる。

【００２６】反強磁性層５２の表面には固定側強磁性層（ｐｉｎｎｅｄ　ｌａｙｅｒ）５３が積層される。この固定側強磁性層５３は、反強磁性層５２の表面に広がって、例えば表面で絶縁層５４を受け止める第１強磁性層５３ａと、絶縁層５４の表面に積層されて、第１強磁性層５３ａとの間に絶縁層５４を挟み込む第２強磁性層５４ｂとを備える。絶縁層５４は例えば第１強磁性層５３ａの酸化物膜で形成されればよい。第１強磁性層５３ａや第２強磁性層５３ｂは例えば膜厚２．０ｎｍ程度のＣｏＦｅＢ層で構成されればよい。

【００２７】固定側強磁性層５３の表面には、例えば膜厚２．８ｎｍ程度のＣｕで構成される非磁性中間層５５や、例えば膜厚２．０ｎｍ程度のＣｏＦｅＢ層で構成される自由側強磁性層（ｆｒｅｅ　ｌａｙｅｒ）５６が順番に積層される。自由側強磁性層５６の表面には例えば膜厚５．０ｎｍ程度のＴａ層５７が積層される。Ｔａ層５７の表面には、例えば膜厚１０．０ｎｍ程度のＣｕ層や膜厚１０．０ｎｍ程度のＡｕ層といったキャップ層（図示せず）が順番に形成されてもよい。

【００２８】こういったスピンバルブ膜３６では、相互に重ね合わせられる自由側強磁性層５６と非磁性中間層５５との間に第１境界面ＢＦは規定される。同様に、相

互に重ね合わせられる固定側強磁性層５３と非磁性中間層５５との間に第２境界面ＢＳは規定される。絶縁層５４は、固定側強磁性層５３中の第２強磁性層５３ｂの介在で非磁性中間層５５から隔てられることができる。

【００２９】磁気情報の読み出しにあたってスピンバルブヘッド素子３０が磁気ディスク１３の表面に向き合わせられると、スピンバルブ膜３６では、周知の通り、磁気ディスク１３から作用する磁界の向きに応じて自由側強磁性層５６の磁化方向は回転する。こうして自由側強磁性層５６の磁化方向が回転すると、スピンバルブ膜３６の電気抵抗は大きく変化する。したがって、上側シールド層３９および下側電極端子層３５からスピンバルブ膜３６にセンス電流が供給されると、電気抵抗の変化に応じて上側シールド層３９および下側電極端子層３５から取り出される電気信号のレベルは変化する。このレベルの変化に応じて２値情報は読み取られることができる。

【００３０】このとき、スピンバルブヘッド素子３０では、上側シールド層３９および下側電極端子層３５の間を流れる電流は絶縁層５４を突き抜ける。図５に示されるように、絶縁層５４に形成される微細な欠陥すなわちピンホール５８の働きで絶縁層５４をまたぐ電子の移動は実現されると考えられる。ピンホール５８に電流は集中する。その結果、こういったスピンバルブヘッド素子３０では、電流の通過断面が縮小される際と同様に、自由側強磁性層５６で確立される磁化方向の反転に応じて大きな抵抗変化量が実現されることができる。小さな電流値のセンス電流で十分なレベルの変化すなわち電圧変化は検出されることができる。したがって、こういったＣＰＰ構造スピンバルブヘッド素子３０は磁気記録の一層の高密度化や消費電力の低減に大いに貢献することができる。しかも、こういったスピンバルブヘッド素子３０では、いわゆるトンネル接合磁気抵抗効果（ＴＭＲ）素子に比べて抵抗値は例えば１／１０程度といった具合に低減される。いわゆるサーマルノイズの発生は抑制されることができる。しかも、こういったスピンバルブヘッド素子３０では、スピンバルブ膜３６を挟み込む１対の磁区制御膜３７の働きで比較的に簡単に自由側強磁性層５６の磁区は制御されることができる。

【００３１】次にスピンバルブヘッド素子３０の製造方法を簡単に説明する。周知の通り、アルチック製ウェハー（図示せず）の表面にはAl_2O_3膜３３が成膜される。このAl_2O_3膜３３上で下部シールド層３２は積層形成される。続いて、下部シールド層３２すなわち基礎層の表面には、図６に示されるように、膜厚１０．０ｎｍ程度のＡｕ膜６１が積層形成される。この積層にあたって例えばスパッタリング法が用いられればよい。Ａｕ膜６１は下側電極端子層３５の形状に象られる。続いてＡｕ膜６１の表面には、スピンバルブ膜３６と同一の層構造で構成される第１素材膜６２が積層される。この第１素材膜６２の形成工程の詳細は後述される。

【００３２】図６に示されるように、続いて第１素材膜６２上には、規定の削り出し形状に象られたレジスト膜６３が形成される。例えばイオンミリング処理が実施されると、図７に示されるように、レジスト膜６３の周囲で第１素材膜６３は削り取られる。こうして第１素材膜６２は、規定の形状に象られた第２素材膜６４に削り出される。Ａｕ膜６１の表面には、削り出された第２素材膜６４を挟み込むＣｏＣｒＰｔ層６５が積層される。レジスト膜６３はＣｏＣｒＰｔ層６５の積層後に除去されればよい。こうして規定の形状に積層形成された第２素材膜６４およびＣｏＣｒＰｔ層６５は、周知の通り、第２素材膜６４を横切る１直線に沿って延びる長尺素材６６に削り出される。

【００３３】図８に示されるように、続いてＡｕ膜６１上には絶縁材膜６７が積層形成される。絶縁材膜６７は長尺素材６６に完全に覆い被さる。絶縁材膜６７の表面にはレジスト膜６８が形成される。例えばＲＩＥ（リアクティブイオンエッチング）処理が実施されると、図９に示されるように、レジスト膜６８の周囲で絶縁材膜６７は削り取られる。こうして絶縁層３８は絶縁材膜６７から削り出される。絶縁層３８の合間でスピンバルブ膜３６の表面は露出する。その後、レジスト膜６８は除去される。

【００３４】図１０に示されるように、絶縁層３８上にはＮｉＦｅ層６９がさらに積層される。この積層にあたって例えばスパッタリング法が用いられればよい。このＮｉＦｅ層６９の表面にはレジスト膜７１が形成される。このレジスト膜７１は上部シールド層３９の形状を象る。例えばＲＩＥ処理が実施されると、図１１に示されるように、レジスト膜７１の周囲でＮｉＦｅ層６９は削り取られる。こうして上部シールド層３９は削り出される。その後、レジスト膜７１は除去される。

【００３５】こうして下側電極端子層３５、スピンバルブ膜３６、磁区制御膜３７、絶縁層３８および上部シールド層３９が形成されると、下部シールド層３２の表面にはAl_2O_3膜３４が成膜される。下側電極端子層３５、スピンバルブ膜３６、磁区制御膜３７、絶縁層３８および上部シールド層３９はAl_2O_3膜３４に埋め込まれる（例えば図３参照）。こうしたAl_2O_3膜３４上に、周知の通り、誘導書き込みヘッド素子３１の非磁性ギャップ層４０や上部磁極層４１は順番に積層形成されていく。こういった積層に先立ってAl_2O_3膜３４には平坦化研磨処理が実施されてもよい。この平坦化研磨処理が実施されると、上部シールド層３９の表面はAl_2O_3膜３４の合間で露出することができる。

【００３６】素材膜６３の形成にあたって、下側電極端子層３５の表面には、例えば図１２に示されるように、膜厚５．０ｎｍ程度のＴａ層７１、膜厚２．０ｎｍ程度のＮｉＦｅ層７２、膜厚１５．０ｎｍ程度のＰｄＰｔＭ

ｎ層７３および膜厚２．０ｎｍ程度のＣｏＦｅＢ層７４が順番に積層形成される。こういった積層にあたっては真空チャンバ内で例えばスパッタリング法が実施されればよい。ＣｏＦｅＢ層７４の積層後にチャンバ内には例えば酸素ガスが導入される。その結果、ＣｏＦｅＢ層７４の表面は酸化する。この酸化反応でＣｏＦｅＢ層７４の表面には酸化物膜が形成される。その後、酸化物膜上には、膜厚２．０ｎｍ程度のＣｏＦｅＢ層、膜厚２．８ｎｍ程度のＣｕ層、膜厚２．０ｎｍ程度のＣｏＦｅＢ層および膜厚５．０ｎｍ程度のＴａ層が相次いで積層形成される。Ｔａ層の表面には、さらに、膜厚１０．０ｎｍ程度のＣｕ層や膜厚１０．０ｎｍ程度のＡｕ層が積層形成されてもよい。

【００３７】こういったスピンバルブヘッド素子３０の製造方法では、スピンバルブ膜３６内に絶縁層５４を形成するにあたって、既存のスピンバルブ膜の形成過程でチャンバ内に酸素ガスが導入されればよい。既存の製造方法を流用しつつ比較的に簡単に絶縁層５４の形成は実現されることができる。既存の製造装置が利用されることができる。ただし、酸素ガスの導入に代えて酸素プラズマが用いられてもよい。

【００３８】以上のようなスピンバルブ膜３６は、例えば図１３に示されるように、順積層構造のシングルスピンバルブ膜に構成されてもよい。すなわち、このスピンバルブ膜３６では、下地層５１の表面に、自由側強磁性層５６、非磁性中間層５５、固定側強磁性層５３、反強磁性層５２およびＴａ層５７が相次いで重ね合わせられる。前述と同様に、自由側強磁性層５６と非磁性中間層５５との間には第１境界面ＢＦが規定される。固定側強磁性層５３と非磁性中間層５５との間には第２境界面ＢＳが規定される。固定側強磁性層５３では第１および第２強磁性層５３ａ、５３ｂの間に絶縁層５４は挟み込まれる。絶縁層５４は第１強磁性層５３ａの介在で非磁性中間層５５から隔てられることができる。こういった絶縁層５４は、前述と同様に、第１強磁性層５３ａの表面に形成される酸化物膜で構成されればよい。

【００３９】図１４は本発明の第２実施形態に係るスピンバルブ膜３６ａの構造を示す。このスピンバルブ膜３６ａでは、固定側強磁性層５３に積層フェリ構造膜が用いられる。この積層フェリ構造膜は、反強磁性層５２の表面に広がる第１強磁性層７５ａと、この第１強磁性層７５ａとの間に例えば膜厚０．８ｎｍ程度のＲｕ層７６を挟み込む第２強磁性層７５ｂとを備える。第２強磁性層７５ｂの表面には前述と同様に絶縁層５４が形成される。絶縁層５４の表面には第３強磁性層７５ｃがさらに積層される。こうして絶縁層５４は第３強磁性層７５ｃの介在で非磁性中間層５５から隔てられることができる。このとき、各強磁性層７５ａ～７５ｃは例えば膜厚２．０ｎｍ程度のＣｏＦｅＢ層で構成されればよい。こうした積層フェリ構造膜の採用によれば、固定側強磁性層５３の磁化方向が強固に固定される結果、前述のスピンバルブ膜３６に比べてさらに大きな抵抗変化量は実現されることができる。その他、前述と同様な作用や機能を実現する構成には同一の参照符号が付与される。重複する説明は割愛される。

【００４０】図１５は本発明の第３実施形態に係るスピンバルブ膜３６ｂの構造を示す。このスピンバルブ膜３６ｂでは、自由側強磁性層５６とＴａ層５７との間に絶縁層５４ｂは挟み込まれる。こういった絶縁層５４ｂは例えば酸化物膜で構成されればよい。絶縁層５４ｂは自由側強磁性層５６の介在で非磁性中間層５５から隔てられることができる。このとき、固定側強磁性層５３や自由側強磁性層５６の膜厚は各々例えば２．０ｎｍ程度に設定されればよい。こうしたスピンバルブ膜３６ｂによれば、前述のスピンバルブ膜３６、３６ａと同様に、自由側強磁性層５６で確立される磁化方向に応じて大きな抵抗変化量は実現されることができる。

【００４１】酸化物膜は、例えば自由側強磁性層５６の表面に積層形成される膜厚２．０ｎｍ程度のFe_2O_3層およびAl_2O_3層で構成されればよい。こういった積層形成には例えばスパッタリング法が用いられればよい。その他、酸化物膜の形成にあたっては、前述と同様に、自由側強磁性層５６の成膜後にチャンバ内に酸素ガスが導入されてもよく、チャンバ内に酸素プラズマが導入されてもよい。こういった酸素ガスや酸素プラズマは例えば自由側強磁性層５６の表面で酸化反応を引き起こす。その結果、自由側強磁性層５６の表面には酸化物膜が形成される。こういった場合には、酸素ガスや酸素プラズマの導入に先立って、自由側強磁性層５６の表面に例えば膜厚２．０ｎｍ程度のＣｕ層および膜厚１．０ｎｍ程度のＴａ層といった被酸化層が成膜されてもよい。

【００４２】この第３実施形態では、前述のスピンバルブ膜３６ａと同様に、固定側強磁性層５３に積層フェリ構造膜が用いられる。この積層フェリ構造膜は、反強磁性層５２の表面に広がる第１強磁性層７５ｄと、この第１強磁性層７５ｄとの間に例えば膜厚０．８ｎｍ程度のＲｕ層７６を挟み込む第２強磁性層７５ｅとを備える。第１強磁性層７５ｄは例えば膜厚２．０ｎｍ程度のＣｏＦｅＢ層で構成されればよい。その一方で、第２強磁性層７５ｅは例えば膜厚２．５ｎｍ程度のＣｏＦｅＢ層で構成されればよい。こうした積層フェリ構造膜の採用によれば、固定側強磁性層５３の磁化方向が強固に固定される結果、固定側強磁性層５３に単純にＣｏＦｅＢ層が採用される場合に比べて大きな抵抗変化量は実現されることができる。ただし、固定側強磁性層５３には必ずしも積層フェリ構造膜が用いられる必要はない。その他、前述と同様な作用や機能を実現する構成には同一の参照符号が付与される。重複する説明は割愛される。

【００４３】この第３実施形態では、図１５から明らかなように、自由側強磁性層５６と絶縁層５４ｂとの間に

結合遮断層すなわちＣｕ層７７が挟み込まれてもよい。後述されるように、こういったＣｕ層７７は自由側強磁性層５６の保磁力Ｈｃを十分に弱めることができる。また、絶縁層５４ｂは、例えば図１６に示されるように、自由側強磁性層５６中に形成されてもよい。こういった絶縁層５４ｂは、例えば第１および第２強磁性層５６ａ、５６ｂに挟み込まれる酸化物膜で構成されればよい。絶縁層５４ｂは第１強磁性層５６ａの介在で非磁性中間層５５から隔てられることができる。このとき、第１および第２強磁性層５６ａ、５６ｂの膜厚は各々２．０ｎｍ程度に設定されればよい。固定側強磁性層５３の膜厚は例えば２．０ｎｍ程度に設定されればよい。

【００４４】図１７は本発明の第４実施形態に係るスピンバルブ膜３６ｃの構造を示す。このスピンバルブ膜３６ｃでは、前述のように固定側強磁性層５３中に形成される絶縁層５４に加えて、自由側強磁性層５６とＴａ層５７との間に絶縁層５４ｃが挟み込まれる。前述と同様に、絶縁層５４は固定側強磁性層５３中の第３強磁性層７９ｃの介在で非磁性中間層５５から隔てられることができる。その一方で、絶縁層５４ｃは自由側強磁性層５６の介在で非磁性中間層５５から隔てられることができる。こうしたスピンバルブ膜３６ｃによれば、前述のスピンバルブ膜３６、３６ａ、３６ｂと同様に、自由側強磁性層５６で確立される磁化方向に応じて大きな抵抗変化量は実現されることができる。その他、前述と同様な作用や機能を実現する構成には同一の参照符号が付与される。重複する説明は割愛される。ただし、前述と同様に、固定側強磁性層５３には必ずしも積層フェリ構造膜が用いられる必要はない。

【００４５】絶縁層５４ｃは、前述の絶縁層５４ｂと同様に、例えば自由側強磁性層５６の表面に積層形成される膜厚２．０ｎｍ程度のFe_2O_3層およびAl_2O_3層で構成されればよい。こういった積層形成には例えばスパッタリング法が用いられればよい。その他、酸化物膜の形成にあたっては、前述と同様に、自由側強磁性層５６の成膜後にチャンバ内に酸素ガスが導入されてもよく、チャンバ内に酸素プラズマが導入されてもよい。こういった酸素ガスや酸素プラズマは例えば自由側強磁性層５６の表面で酸化反応を引き起こす。その結果、自由側強磁性層５６の表面には酸化物膜が形成される。こういった場合には、酸素ガスや酸素プラズマの導入に先立って、自由側強磁性層５６の表面に例えば膜厚２．０ｎｍ程度のＣｕ層および膜厚１．０ｎｍ程度のＴａ層といった被酸化層が成膜されてもよい。

【００４６】特に、この第４実施形態に係るスピンバルブ膜３６ｃでは、例えば図１８に示されるように、１対の絶縁層５４、５４ｃの間でいわゆるスペキュラー散乱が実現されると考えられる。その結果、後述されるように、自由側強磁性層５６で確立される磁化方向に応じてさらに大きな抵抗変化量は達成されることができる。なお、この第４実施形態では、例えば図１９に示されるように、自由側強磁性層５６と絶縁層５４ｃとの間に前述の結合遮断層すなわちＣｕ層７７が挟み込まれてもよい。

【００４７】図２０は本発明の第５実施形態に係るスピンバルブ膜３６ｄの構造を示す。このスピンバルブ膜３６ｄはいわゆるデュアルスピンバルブ膜に構成される。すなわち、このスピンバルブ膜３６ｄでは、前述と同様に、下地層５１、反強磁性層５２、絶縁層５４を挟み込む固定側強磁性層５３、非磁性中間層５５および自由側強磁性層５６が順番に積み上げられる。絶縁層５４は固定側強磁性層５３中の第３強磁性層７９ｃの介在で非磁性中間層５５から隔てられることができる。

【００４８】しかも、この自由側強磁性層５６上には、非磁性中簡層７８、固定側強磁性層７９、反強磁性層８０およびＴａ層５７が順番に重ね合わせられる。自由側強磁性層５６と非磁性中間層７８との間には、前述と同様に第１境界面ＢＦが規定される。その一方で、固定側強磁性層７９と非磁性中間層７８との間には第２境界面ＢＳが規定される。前述と同様な作用や機能を実現する構成には同一の参照符号が付与される。重複する説明は割愛される。

【００４９】この第５実施形態では、前述と同様に、固定側強磁性層７９に積層フェリ構造膜が用いられる。この積層フェリ構造膜は、非磁性中間層７８の表面に広がって、例えば表面で絶縁層５４ｄを受け止める第１強磁性層７９ａと、絶縁層５４ｄの表面に積層されて、第１強磁性層７９ａとの間に絶縁層５４ｄを挟み込む第２強磁性層７９ｂとを備える。こうして絶縁層５４ｄは第１強磁性層７９ａの介在で非磁性中間層７８から隔てられることができる。このとき、絶縁層５４ｄは例えば第１強磁性層７９ａの酸化物膜で形成されればよい。第２強磁性層７９ｂの表面には例えば膜厚０．８ｎｍ程度のＲｕ層７６が積層される。Ｒｕ層７６の表面には第３強磁性層７９ｃがさらに積層される。各強磁性層７９ａ～７９ｃは例えば膜厚２．０ｎｍ程度のＣｏＦｅＢ層で構成されればよい。その他、非磁性中間層７８や反強磁性層８０は前述の非磁性中間層５５や反強磁性層５２と同様に構成されればよい。

【００５０】こうしたスピンバルブ膜３６ｄによれば、前述のスピンバルブ膜３６、３６ａ～３６ｃと同様に、自由側強磁性層５６で確立される磁化方向に応じて大きな抵抗変化量は実現されることができる。ただし、前述と同様に、固定側強磁性層５３、７９には必ずしも積層フェリ構造膜が用いられる必要はない。

【００５１】図２１は本発明の第６実施形態に係るスピンバルブ膜３６ｅの構造を示す。このスピンバルブ膜３６ｅでは、前述の第５実施形態に係るスピンバルブ膜３６ｄで自由側強磁性層５６中にさらに絶縁層５４ｅが形成される。こういった絶縁層５４ｅは例えば酸化物膜で

構成されればよい。絶縁層５４ｅは各強磁性層５６ａ、５６ｂの介在で各非磁性中間層５５、７８から隔てられることができる。このとき、強磁性層５６ａ、５６ｂの膜厚は各々２．０ｎｍ程度に設定されればよい。その他、前述と同様な作用や機能を実現する構成には同一の参照符号が付与される。重複する説明は割愛される。ただし、前述と同様に、固定側強磁性層５３、７９には必ずしも積層フェリ構造膜が用いられる必要はない。

【００５２】こうしたスピンバルブ膜３６ｅによれば、前述のスピンバルブ膜３６、３６ａ～３６ｄと同様に、自由側強磁性層５６で確立される磁化方向に応じて大きな抵抗変化量は実現されることができる。特に、このスピンバルブ膜３６ｅでは、前述と同様に、絶縁層５４ｄ、５４ｅの間や、絶縁層５４ｅ、５４の間でいわゆるスペキュラー散乱が達成されると考えられる。その結果、後述されるように、自由側強磁性層５６で確立される磁化方向に応じてさらに大きな抵抗変化量は達成されることができる。

【００５３】酸化物膜は、例えば第１強磁性層５６ａの表面に積層形成される膜厚２．０ｎｍ程度のFe_2O_3層およびAl_2O_3層で構成されればよい。こういった積層形成には例えばスパッタリング法が用いられればよい。その他、酸化物膜の形成にあたっては、前述と同様に、第１強磁性層５６ａの成膜後にチャンバ内に酸素ガスが導入されてもよく、チャンバ内に酸素プラズマが導入されてもよい。こういった酸素ガスや酸素プラズマは例えば第１強磁性層５６ａの表面で酸化反応を引き起こす。その結果、第１強磁性層５６ａの表面には酸化物膜が形成される。こういった場合には、酸素ガスや酸素プラズマの導入に先立って、第１強磁性層５６ａの表面に例えば膜厚２．０ｎｍ程度のＣｕ層および膜厚１．０ｎｍ程度のＴａ層といった被酸化層が成膜されてもよい。

【００５４】さらにまた、この第６実施形態では、図２２に示されるように、自由側強磁性層５６中で各強磁性層５６ａ、５６ｂと絶縁層５４ｅとの間にそれぞれ結合遮断層すなわちＣｕ層７７が挟み込まれてもよい。その他、図２２では、前述と同様な作用や機能を実現する構成には同一の参照符号が付与される。重複する説明は割愛される。ただし、前述と同様に、固定側強磁性層５３、７９には必ずしも積層フェリ構造膜が用いられる必要はない。

【００５５】図２３は本発明の第７実施形態に係るスピンバルブ膜３６ｆの構造を示す。このスピンバルブ膜３６ｆは、上下１対のスピンバルブ膜で反強磁性層を共有するデュアルスピンバルブ膜に構成される。すなわち、下地層５１の表面に、自由側強磁性層５６、非磁性中間層５５、固定側強磁性層５３および反強磁性層５２が相次いで重ね合わせられる。自由側強磁性層５６中には絶縁層５４ｆが形成される。こういった絶縁層５４ｆは、例えば第１および第２強磁性層５６ａ、５６ｂに挟み込まれる酸化物膜で構成されればよい。絶縁層５４ｆは第２強磁性層５６ｂの介在で非磁性中間層５５から隔てられることができる。このとき、第１および第２強磁性層５６ａ、５６ｂの膜厚は各々２．０ｎｍ程度に設定されればよい。

【００５６】固定側強磁性層５３には積層フェリ構造膜が用いられる。この積層フェリ構造膜は、非磁性中間層５５の表面に広がる第１強磁性層７５ｄと、この第１強磁性層７５ｄとの間に例えば膜厚０．８ｎｍ程度のＲｕ層７６を挟み込む第２強磁性層７５ｅとを備えればよい。第１強磁性層７５ｄは例えば膜厚２．５ｎｍ程度のＣｏＦｅＢ層で構成されればよい。その一方で、第２強磁性層７５ｅは例えば膜厚２．０ｎｍ程度のＣｏＦｅＢ層で構成されればよい。ただし、前述と同様に、固定側強磁性層５３には必ずしも積層フェリ構造膜が用いられる必要はない。その他、前述と同様な作用や機能を実現する構成には同一の参照符号が付与される。重複する説明は割愛される。

【００５７】このスピンバルブ膜３６ｆでは、反強磁性層５２上に、固定側強磁性層８３、非磁性中間層８４、自由側強磁性層８５およびＴａ層５７が順番に積み上げられる。前述と同様に、自由側強磁性層８５と非磁性中間層８４との間には第１境界面ＢＦが規定される。固定側強磁性層８３と非磁性中間層８４との間に第２境界面ＢＳが規定される。

【００５８】自由側強磁性層８５とＴａ層５７との間には絶縁層５４ｇが挟み込まれる。こういった絶縁層５４ｇは、前述と同様に、膜厚２．０ｎｍ程度のFe_2O_3層で構成されればよい。Fe_2O_3層は例えばスパッタリング法で積層形成されればよい。こうして絶縁層５４ｇは自由側強磁性層８５の介在で非磁性中間層８４から隔てられることができる。このとき、自由側強磁性層８５の膜厚は例えば２．０ｎｍ程度に設定されればよい。非磁性中間層８４は前述の非磁性中間層５５と同様に構成されればよい。

【００５９】このとき、固定側強磁性層８３には積層フェリ構造膜が用いられる。この積層フェリ構造膜は、反強磁性層５２の表面に広がる第１強磁性層７５ｄと、この第１強磁性層７５ｄとの間に例えば膜厚０．８ｎｍ程度のＲｕ層７６を挟み込む第２強磁性層７５ｅとを備えればよい。第１強磁性層７５ｄは例えば膜厚２．０ｎｍ程度のＣｏＦｅＢ層で構成されればよい。その一方で、第２強磁性層７５ｅは例えば膜厚２．５ｎｍ程度のＣｏＦｅＢ層で構成されればよい。ただし、前述と同様に、固定側強磁性層８３には必ずしも積層フェリ構造膜が用いられる必要はない。こうしたスピンバルブ膜３６ｆによれば、前述のスピンバルブ膜３６、３６ａ～３６ｅと同様に、自由側強磁性層５６、８５で確立される磁化方向に応じて大きな抵抗変化量は実現されることができる。

【００６０】以上のようなＣＰＰ構造スピンバルブヘッド素子３０で抵抗変化量は実測された。この実測にあたって１６種類のスピンバルブ膜は用意された。試料（ａ１）に係るスピンバルブヘッド素子には、図４に示されるように、前述の第１実施形態に係るスピンバルブ膜３６が組み込まれた。試料（ｂ１）に係るスピンバルブヘッド素子には、図１４に示されるように、前述の第２実施形態に係るスピンバルブ膜３６ａが組み込まれた。

【００６１】試料（ｃ１）～（ｃ４）に係るスピンバルブヘッド素子には前述の第３実施形態に係るスピンバルブ膜３６ｂが組み込まれた。ただし、試料（ｃ１）では、図１５に示されるように、絶縁層５４ｂの形成にあたって、自由側強磁性層５６の表面にはスパッタリング法でFe_2O_3層およびAl_2O_3層が積層された。また、試料（ｃ２）では、絶縁層５４ｂの形成にあたって自由側強磁性層５６の表面は酸素ガスに曝された。さらに、試料（ｃ３）では、絶縁層５４ｂの形成にあたって自由側強磁性層５６の表面は酸素プラズマに曝された。いずれの場合にも自由側強磁性層５６と絶縁層５４ｂとの間にＣｕ層７７は挟み込まれなかった。さらにまた、試料（ｃ４）では、図１６に示されるように、絶縁層５４ｂは自由側強磁性層５６中に埋め込まれた。この絶縁層５４ｂの形成にあたって、第１強磁性層５６ａの表面にはスパッタリング法でFe_2O_3層およびAl_2O_3層が積層された。

【００６２】試料（ｄ１）～（ｄ４）に係るスピンバルブヘッド素子には前述の第４実施形態に係るスピンバルブ膜３６ｃが組み込まれた。ただし、試料（ｄ１）では、図１７に示されるように、絶縁層５４ｃの形成にあたって、自由側強磁性層５６の表面にはスパッタリング法でFe_2O_3層およびAl_2O_3層が積層された。また、試料（ｄ２）では、絶縁層５４ｃの形成にあたって自由側強磁性層５６の表面は酸素ガスに曝された。さらに、試料（ｄ３）では、絶縁層５４ｃの形成にあたって自由側強磁性層５６の表面は酸素プラズマに曝された。いずれの場合にも自由側強磁性層５６と絶縁層５４ｃとの間にＣｕ層７７は挟み込まれなかった。さらにまた、試料（ｄ４）では、図１９に示されるように、自由側強磁性層５６と絶縁層５４ｃとの間に結合遮断層すなわちＣｕ層７７が挟み込まれた。このとき、絶縁層５４ｃの形成にあたって、Ｃｕ層７７上にはスパッタリング法でFe_2O_3層およびAl_2O_3層が積層された。

【００６３】さらにまた、試料（ｅ１）に係るスピンバルブヘッド素子には、図２０に示されるように、前述の第５実施形態に係るスピンバルブ膜３６ｄが組み込まれた。同様に、試料（ｆ１）～（ｆ４）に係るスピンバルブヘッド素子には前述の第６実施形態に係るスピンバルブ膜３６ｅが組み込まれた。ただし、試料（ｆ１）では、図２１に示されるように、絶縁層５４ｅの形成にあたって、強磁性層５６ａの表面にはスパッタリング法でFe_2O_3層およびAl_2O_3層が積層された。また、試料（ｆ２）では、絶縁層５４ｅの形成にあたって強磁性層５６ａの表面は酸素ガスに曝された。さらに、試料（ｆ３）では、絶縁層５４ｅの形成にあたって強磁性層５６ａの表面は酸素プラズマに曝された。いずれの場合にも強磁性層５６ａ、５６ｂと絶縁層５４ｅとの間にＣｕ層７７は挟み込まれなかった。さらにまた、試料（ｆ４）では、図２２に示されるように、各強磁性層５６ａ、５６ｂと絶縁層５４ｅとの間に結合遮断層すなわちＣｕ層７７が挟み込まれた。このとき、絶縁層５４ｅの形成にあたって、Ｃｕ層７７上にはスパッタリング法でFe_2O_3層およびAl_2O_3層が積層された。加えて、試料（ｇ１）に係るスピンバルブヘッド素子には、図２３に示されるように、前述の第７実施形態に係るスピンバルブ膜３６ｆが組み込まれた。

【００６４】この実測では４種類の比較例が用意された。試料（ａ０）に係るスピンバルブヘッド素子では前述の試料（ａ１）から絶縁層５４が取り除かれた。固定側強磁性層５３の膜厚は４．５ｎｍに設定された。試料（ｂ０）に係るスピンバルブヘッド素子では前述の試料（ｂ１）から絶縁層５４が取り除かれた。このとき、非磁性中間層５５に接触する強磁性層の膜厚は２．５μｍに設定された。試料（ｅ０）に係るスピンバルブヘッド素子では前述の試料（ｅ１）から絶縁層５４、５４ｄが取り除かれた。非磁性中間層５５、７８に接触する強磁性層の膜厚は各々２．５μｍに設定された。さらに、試料（ｇ０）に係るスピンバルブヘッド素子では前述の試料（ｇ１）から絶縁層５４ｆ、５４ｇが取り除かれた。こうした実測の結果、［表１］～［表４］が得られた。

【００６５】

【表１】

試料名	(a0)	(a1)
抵抗変化量ΔR [mΩμm²]	0.32	0.62

【００６６】

【表２】

試料名	(b0)	(b1)		
抵抗変化量ΔR [mΩμm²]	0.49	0.84		
試料名		(c1)	(c2)	(c3)	(c4)
抵抗変化量ΔR [mΩμm²]		23.81	0.86	15.92	23.62
試料名		(d1)	(d2)	(d3)	(d4)
抵抗変化量ΔR [mΩμm²]		72.01	3.23	43.75	72.74

【００６７】

【表３】

試料名	(e0)	(e1)			
抵抗変化量ΔR [mΩμm²]	3.34	6.38			
試料名		(f1)	(f2)	(f3)	(f4)
抵抗変化量ΔR [mΩμm²]		65.32	7.18	40.54	66.74

【００６８】
【表４】

試料名	(g0)	(g1)
抵抗変化量ΔR [mΩμm²]	2.26	29.26

【００６９】［表１］～［表４］から明らかなように、絶縁層が除かれた試料（ａ０）、（ｂ０）、（ｅ０）および（ｇ０）に比べて試料（ａ１）、（ｂ１）、（ｃ１）～（ｃ４）、（ｅ１）、（ｆ１）～（ｆ４）および（ｇ１）では大幅に素子サイズ１．０μm^2 時の抵抗変化量△Ｒは増大した。その結果、絶縁層５４、５４ｂ～５４ｇの挿入に基づきスピンバルブヘッド素子３０の抵抗変化量△Ｒは増大することが確認された。特に、試料（ｃ１）、（ｃ４）、（ｄ１）、（ｄ４）、（ｆ１）および（ｆ４）のように、スパッタリング法を用いてFe_2O_3 層およびAl_2O_3 層といった酸化物膜が形成されたスピンバルブヘッド素子３０では、酸素ガスの導入や酸素プラズマに基づき酸化物膜が形成されたスピンバルブヘッド素子に比べて著しく大きな抵抗変化量ΔＲは達成された。しかも、試料（ｄ１）～（ｄ４）および試料（ｆ１）～（ｆ４）から明らかなように、固定側強磁性層５３、７９中の強磁性層５３ｂ、７９ａで非磁性中間層５５、７８から隔てられた絶縁層５４、５４ｄと、自由側強磁性層５６、５６ａ、５６ｂで非磁性中間層５５、７８から隔てられた絶縁層５４ｃ、５４ｅとを同時に備えるスピンバルブヘッド素子３０では著しく抵抗変化量△Ｒが増大することが確認された。

【００７０】さらに、発明者は前述の試料（ｂ１）で酸化時間すなわち酸素ガスの導入持続時間と１μm^2 時の抵抗値Ｒや抵抗変化量ΔＲとの関係を検証した。このとき、酸素の導入量は０．２［ｓｃｃｍ］に設定された。図２４（ａ）および（ｂ）に示されるように、酸化時間が１００［ｓ］を超えると高い抵抗変化量△ＲやＭＲ比は実現されることが確認された。

【００７１】さらにまた、発明者は前述の試料（ｃ１）で絶縁層５４ｂの膜厚と１μm^2 時の抵抗値Ｒや抵抗変化量ΔＲとの関係を検証した。図２５（ａ）および（ｂ）に示されるように、絶縁層５４ｂの膜厚が３．０ｎｍに設定されると、抵抗変化量△ＲやＭＲ比は最大値を示すことが確認された。

【００７２】さらにまた、発明者は前述の試料（ｃ２）で酸化時間すなわち酸素ガスの導入持続時間と１μm^2 時の抵抗値Ｒや抵抗変化量ΔＲとの関係を検証した。このとき、酸素の導入量は０．２［ｓｃｃｍ］に設定された。図２６（ａ）および（ｂ）に示されるように、酸化時間が１００［ｓ］を超えると高い抵抗変化量△ＲやＭＲ比は実現されることが確認された。

【００７３】さらにまた、発明者は前述の試料（ｃ３）で酸化時間すなわち酸素プラズマの適用持続時間と１μm^2 時の抵抗値Ｒや抵抗変化量ΔＲとの関係を検証した。このとき、酸素圧は１．０［Ｐａ］に設定された。図２７（ａ）および（ｂ）に示されるように、酸化時間が３００［ｓ］を超えると高い抵抗変化量△Ｒは達成されることが確認された。酸化時間が３００［ｓ］に設定されると、ＭＲ比は最大値を示すことが確認された。

【００７４】さらにまた、発明者は前述の試料（ｄ１）で絶縁層５４ｃの膜厚と１μm^2 時の抵抗値Ｒや抵抗変化量ΔＲとの関係を検証した。図２８（ａ）および（ｂ）に示されるように、絶縁層５４ｃの膜厚が３．０ｎｍに設定されると、抵抗変化量△ＲやＭＲ比は最大値を示すことが確認された。

【００７５】さらにまた、発明者は前述の試料（ｄ２）で自由側強磁性層５６の酸化時間すなわち酸素ガスの導入持続時間と１μm^2 時の抵抗値Ｒや抵抗変化量ΔＲとの関係を検証した。このとき、酸素の導入量は０．２［ｓｃｃｍ］に設定された。図２９（ａ）および（ｂ）に示されるように、酸化時間が１００［ｓ］を超えると高い抵抗変化量△ＲやＭＲ比は実現されることが確認された。

【００７６】さらにまた、発明者は前述の試料（ｄ３）で自由側強磁性層５６の酸化時間すなわち酸素プラズマの適用持続時間と１μm^2 時の抵抗値Ｒや抵抗変化量ΔＲとの関係を検証した。このとき、酸素圧は１．０［Ｐａ］に設定された。図３０（ａ）および（ｂ）に示されるように、酸化時間が３００［ｓ］を超えると高い抵抗変化量△Ｒは達成されることが確認された。酸化時間が３００［ｓ］に設定されると、ＭＲ比は最大値を示すことが確認された。

【００７７】さらに、発明者は前述の試料（ｄ４）で結合遮断層すなわちＣｕ層７７の膜厚と抵抗変化量△Ｒとの関係を検証した。その結果、図３１（ａ）から明らかなように、ＣＰＰ構造スピンバルブヘッド素子３０では、Ｃｕ層７７の膜厚に拘わらず一定の抵抗変化量△Ｒは達成されることが確認された。しかも、Ｃｕ層７７の膜厚が１．０ｎｍを超えると、自由側強磁性層５６の保磁力Ｈｃは著しく低下することが確認された。結合遮断層すなわちＣｕ層７７の効果は実証された。特に、Ｃｕ層７７の膜厚は２．０ｎｍ以上に設定されることが望まれる。

【００７８】その一方で、例えば図３１（ｂ）に示されるように、いわゆるＣＩＰ（ｃｕｒｒｅｎｔ ｉｎ－ｔｈｅ－ｐｌａｎｅ）構造スピンバルブヘッド素子では、結合遮断層すなわちＣｕ層の膜厚が増大するにつれて抵抗変化量△Ｒは減少してしまう。このＣＩＰ構造スピンバルブヘッド素子では、周知の通り、例えば前述の下部

シールド層３２上に積層される非磁性層の表面に沿って両側からスピンバルブ膜３６ｃを挟み込む１対の電極端子や磁区制御膜からスピンバルブ膜３６ｃに電流は供給された。

【００７９】さらにまた、発明者は前述の試料（ｆ１）で絶縁層５４ｅの膜厚と１μm^2 時の抵抗値Ｒや抵抗変化量ΔＲとの関係を検証した。図３２（ａ）および（ｂ）に示されるように、絶縁層５４ｅの膜厚が３．０ｎｍに設定されると、抵抗変化量△ＲやＭＲ比は最大値を示すことが確認された。

【００８０】さらにまた、発明者は前述の試料（ｆ３）で強磁性層５６ａの酸化時間すなわち酸素プラズマの適用持続時間と１μm^2 時の抵抗値Ｒや抵抗変化量ΔＲとの関係を検証した。このとき、酸素圧は１．０［Ｐａ］に設定された。図３３（ａ）および（ｂ）に示されるように、酸化時間が３００［ｓ］に設定されると、抵抗変化量△ＲおよびＭＲ比はは最大値を示すことが確認された。

【００８１】なお、以上のような絶縁層５４、５４ｂ～５４ｇは、少なくとも２種類以上の元素からなる化合物を含めばよい。こういった化合物には、前述の酸化物のほか、窒化物や炭化物、硼化物が含まれることができる。

【００８２】（付記１）　自由側強磁性層と、第１境界面で自由側強磁性層に接触する非磁性中間層と、第２境界面で非磁性中間層に接触する固定側強磁性層と、固定側強磁性層で非磁性中間層から隔てられる絶縁層とを備えることを特徴とするＣＰＰ構造スピンバルブヘッド。

【００８３】（付記２）　付記１に記載のＣＰＰ構造スピンバルブヘッドにおいて、前記絶縁層は、少なくとも２種類の元素からなる化合物を含むことを特徴とするＣＰＰ構造スピンバルブヘッド。

【００８４】（付記３）　付記２に記載のＣＰＰ構造スピンバルブヘッドにおいて、前記化合物は酸化物であることを特徴とするＣＰＰ構造スピンバルブヘッド。

【００８５】（付記４）　付記１に記載のＣＰＰ構造スピンバルブヘッドにおいて、前記絶縁層は１対の固定側強磁性層で挟み込まれることを特徴とするＣＰＰ構造スピンバルブヘッド。

【００８６】（付記５）　自由側強磁性層と、第１境界面で自由側強磁性層に接触する非磁性中間層と、第２境界面で非磁性中間層に接触する固定側強磁性層と、自由側強磁性層で非磁性中間層から隔てられる絶縁層とを備えることを特徴とするＣＰＰ構造スピンバルブヘッド。

【００８７】（付記６）　付記５に記載のＣＰＰ構造スピンバルブヘッドにおいて、前記絶縁層は、少なくとも２種類の元素からなる化合物を含むことを特徴とするＣＰＰ構造スピンバルブヘッド。

【００８８】（付記７）　付記６に記載のＣＰＰ構造スピンバルブヘッドにおいて、前記化合物は酸化物であることを特徴とするＣＰＰ構造スピンバルブヘッド。

【００８９】（付記８）　付記５に記載のＣＰＰ構造スピンバルブヘッドにおいて、前記絶縁層は１対の自由側強磁性層で挟み込まれることを特徴とするＣＰＰ構造スピンバルブヘッド。

【００９０】（付記９）　付記５に記載のＣＰＰ構造スピンバルブヘッドにおいて、前記固定側強磁性層で前記非磁性中間層から隔てられる絶縁層をさらに備えることを特徴とするＣＰＰ構造スピンバルブヘッド。

【００９１】（付記１０）　付記９に記載のＣＰＰ構造スピンバルブヘッドにおいて、前記絶縁層は、少なくとも２種類の元素からなる化合物を含むことを特徴とするＣＰＰ構造スピンバルブヘッド。

【００９２】（付記１１）　付記１０に記載のＣＰＰ構造スピンバルブヘッドにおいて、前記化合物は酸化物であることを特徴とするＣＰＰ構造スピンバルブヘッド。

【００９３】（付記１２）　付記９に記載のＣＰＰ構造スピンバルブヘッドにおいて、前記絶縁層は１対の固定側強磁性層で挟み込まれることを特徴とするＣＰＰ構造スピンバルブヘッド。

【００９４】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、既存のスピンバルブ膜と同様な積層数で確実に大きな抵抗変化量は達成されることができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】　ハードディスク駆動装置（ＨＤＤ）の構造を概略的に示す平面図である。

【図２】　一具体例に係る浮上ヘッドスライダの構造を概略的に示す拡大斜視図である。

【図３】　浮上面で観察される読み出し書き込みヘッドの様子を示す拡大正面図である。

【図４】　本発明の第１実施形態に係るスピンバルブ膜の構造を示す拡大側面図である。

【図５】　絶縁層の働きを示す概念図である。

【図６】　スピンバルブヘッド素子の製造方法に含まれる１工程を示す部分断面図である。

【図７】　スピンバルブヘッド素子の製造方法に含まれる１工程を示す部分断面図である。

【図８】　スピンバルブヘッド素子の製造方法に含まれる１工程を示す部分断面図である。

【図９】　スピンバルブヘッド素子の製造方法に含まれる１工程を示す部分断面図である。

【図１０】　スピンバルブヘッド素子の製造方法に含まれる１工程を示す部分断面図である。

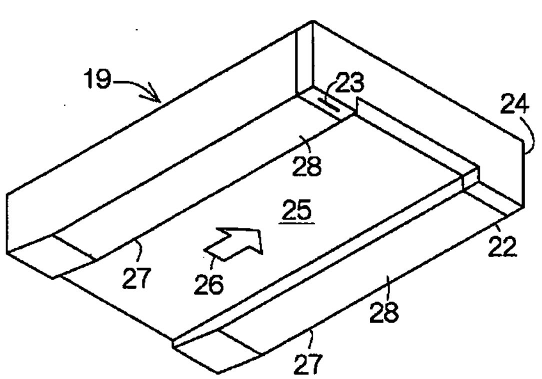
【図１１】　スピンバルブヘッド素子の製造方法に含まれる１工程を示す部分断面図である。

【図１２】　スピンバルブ膜に組み込まれる絶縁層の形成工程を概略的に示す拡大部分断面図である。

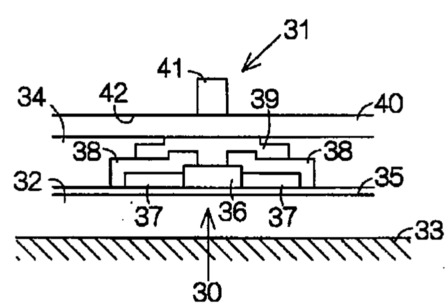
【図１３】　第１実施形態の一変形例に係るスピンバルブ膜の構造を示す拡大側面図である。

【図１４】　本発明の第２実施形態に係るスピンバルブ膜の構造を示す拡大側面図である。
【図１５】　本発明の第３実施形態に係るスピンバルブ膜の構造を示す拡大側面図である。
【図１６】　第３実施形態の一変形例に係るスピンバルブ膜の構造を示す拡大側面図である。
【図１７】　本発明の第４実施形態に係るスピンバルブ膜の構造を示す拡大側面図である。
【図１８】　スペキュラー拡散の原理を示す概念図である。
【図１９】　第４実施形態の一変形例に係るスピンバルブ膜の構造を示す拡大側面図である。
【図２０】　本発明の第５実施形態に係るスピンバルブ膜の構造を示す拡大側面図である。
【図２１】　本発明の第６実施形態に係るスピンバルブ膜の構造を示す拡大側面図である。
【図２２】　第６実施形態の一変形例に係るスピンバルブ膜の構造を示す拡大側面図である。
【図２３】　本発明の第７実施形態に係るスピンバルブ膜の構造を示す拡大側面図である。
【図２４】　試料（ｂ１）に係るスピンバルブヘッド素子で、（ａ）酸素雰囲気下の酸化時間と抵抗値および抵抗変化量との関係、および（ｂ）酸素雰囲気下の酸化時間とＭＲ比との関係を示すグラフである。
【図２５】　試料（ｃ１）に係るスピンバルブヘッド素子で、（ａ）絶縁層の膜厚と抵抗値および抵抗変化量との関係、および（ｂ）絶縁層の膜厚とＭＲ比との関係を示すグラフである。
【図２６】　試料（ｃ２）に係るスピンバルブヘッド素子で、（ａ）酸素雰囲気下の酸化時間と抵抗値および抵抗変化量との関係、および（ｂ）酸素雰囲気下の酸化時間とＭＲ比との関係を示すグラフである。
【図２７】　試料（ｃ３）に係るスピンバルブヘッド素子で、（ａ）酸素プラズマに基づく酸化時間と抵抗値および抵抗変化量との関係、および（ｂ）酸素プラズマに基づく酸化時間とＭＲ比との関係を示すグラフである。
【図２８】　試料（ｄ１）に係るスピンバルブヘッド素子で、（ａ）自由側強磁性層上に形成される絶縁層の膜厚と抵抗値および抵抗変化量との関係、および（ｂ）同じく絶縁層の膜厚とＭＲ比との関係を示すグラフである。
【図２９】　試料（ｄ２）に係るスピンバルブヘッド素子で、（ａ）自由側強磁性層の酸化時間と抵抗値および抵抗変化量との関係、および（ｂ）自由側強磁性層の酸化時間とＭＲ比との関係を示すグラフである。
【図３０】　試料（ｄ３）に係るスピンバルブヘッド素子で、（ａ）酸素プラズマに基づく自由側強磁性層の酸化時間と抵抗値および抵抗変化量との関係、および（ｂ）酸素プラズマに基づく自由側強磁性層の酸化時間とＭＲ比との関係を示すグラフである。
【図３１】　試料（ｄ４）に係るスピンバルブヘッド素子で、結合遮断層の膜厚と、抵抗変化量および自由側強磁性層の保磁力との関係を示すグラフである。
【図３２】　試料（ｆ１）に係るスピンバルブヘッド素子で、（ａ）自由側強磁性層上に形成される絶縁層の膜厚と抵抗値および抵抗変化量との関係、および（ｂ）同じく絶縁層の膜厚とＭＲ比との関係を示すグラフである。
【図３３】　試料（ｆ３）に係るスピンバルブヘッド素子で、（ａ）酸素プラズマに基づく自由側強磁性層の酸化時間と抵抗値および抵抗変化量との関係、および（ｂ）酸素プラズマに基づく自由側強磁性層の酸化時間とＭＲ比との関係を示すグラフである。
【符号の説明】
３１　ＣＰＰ構造スピンバルブヘッド、３６，３６ａ～３６ｈ　スピンバルブ膜、５３　固定側強磁性層、５４，５４ｂ～５４ｇ　絶縁層、５５　非磁性中間層、５６　自由側強磁性層、７８　非磁性中間層、７９　固定側強磁性層、８３固定側強磁性層、８４　非磁性中間層、８５　自由側強磁性層、ＢＦ　第１境界面、ＢＳ　第２境界面。

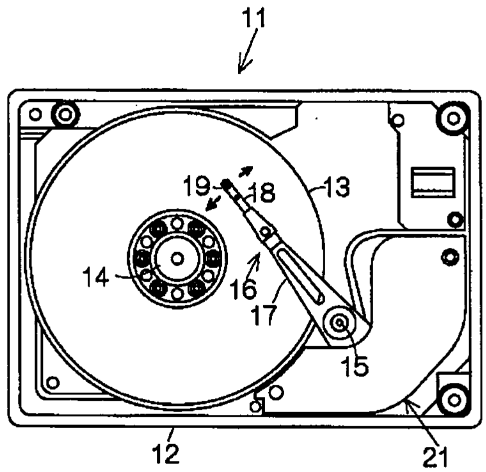
【図２】



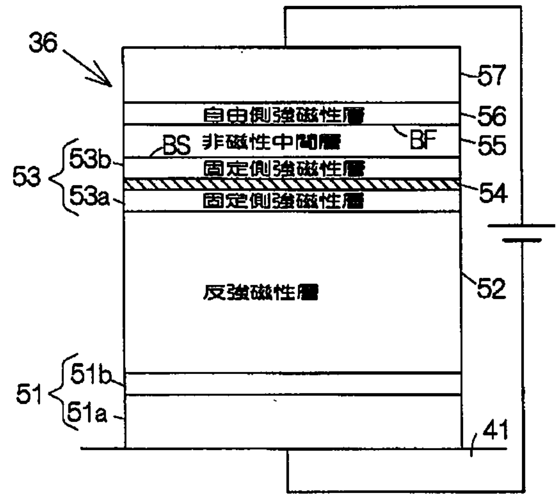
【図３】



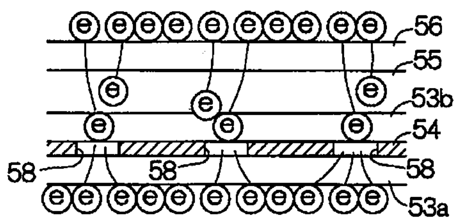
【図１】



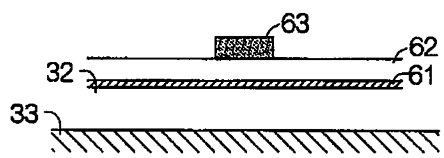
【図４】



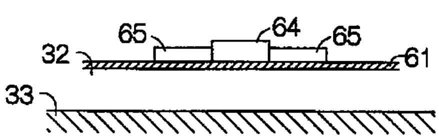
【図５】



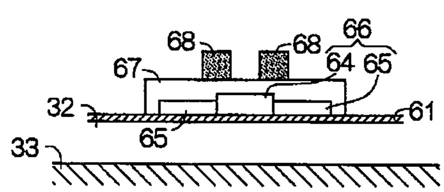
【図６】



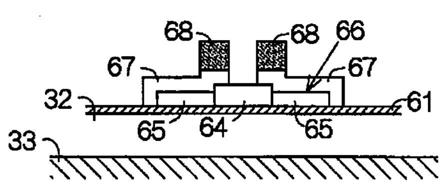
【図７】



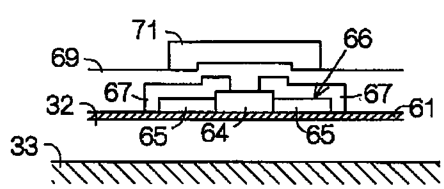
【図８】



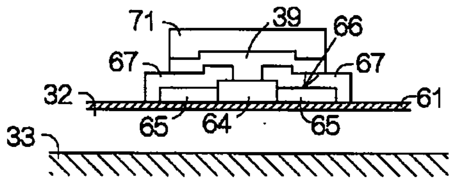
【図９】



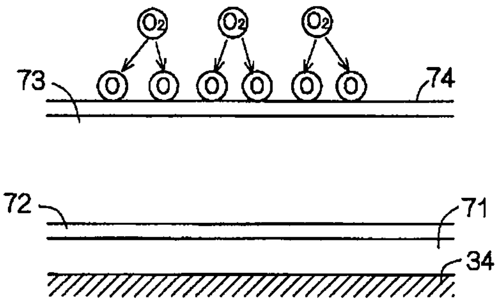
【図１０】



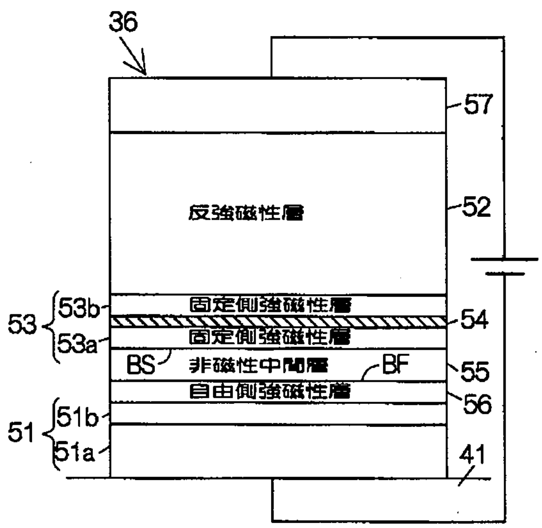
【図１１】



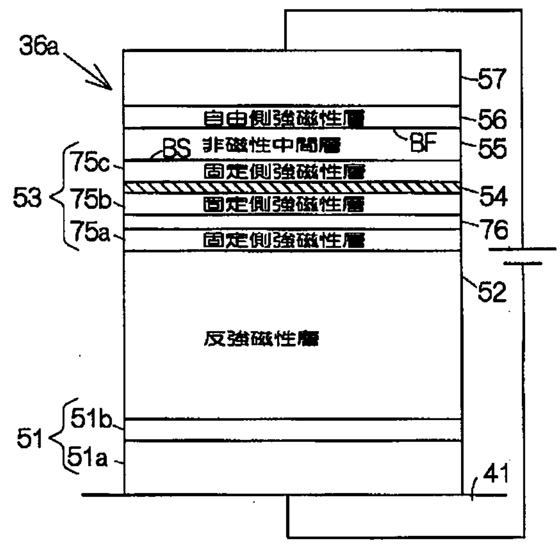
【図１２】



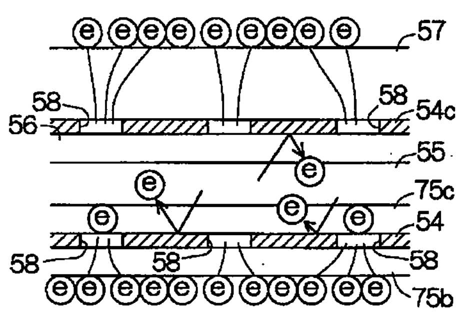
【図１３】



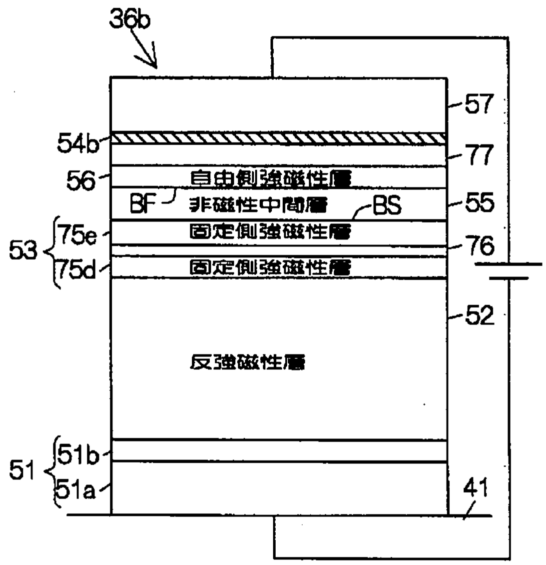
【図１４】



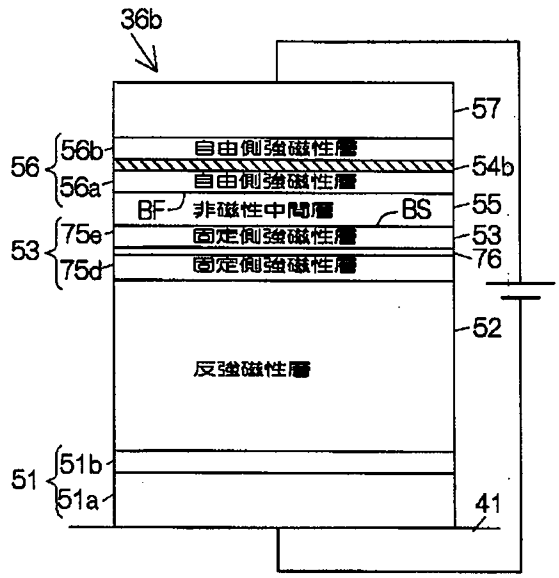
【図１８】



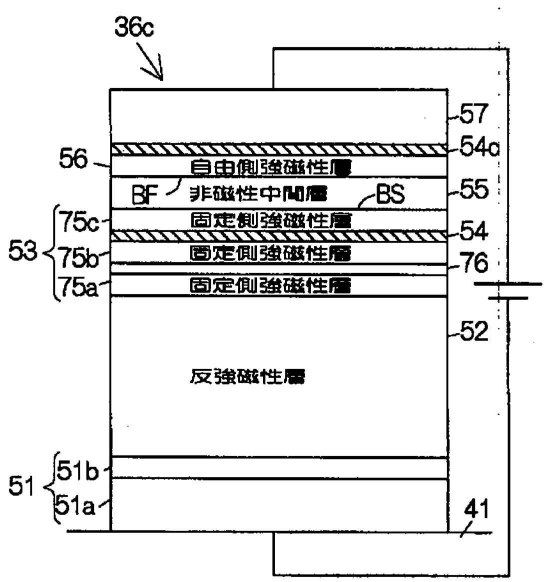
【図１５】



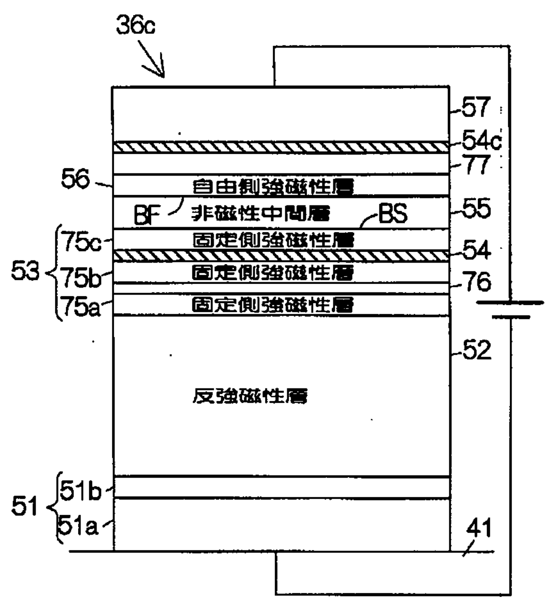
【図１６】



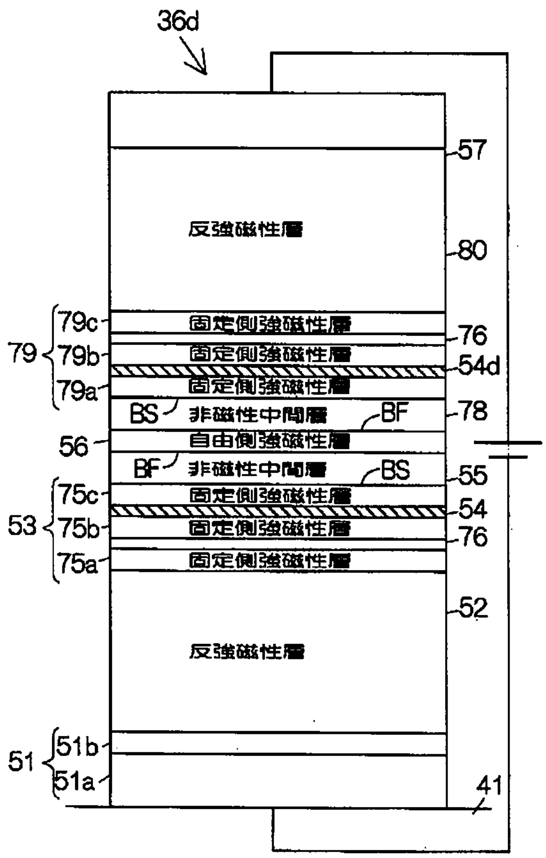
【図１７】



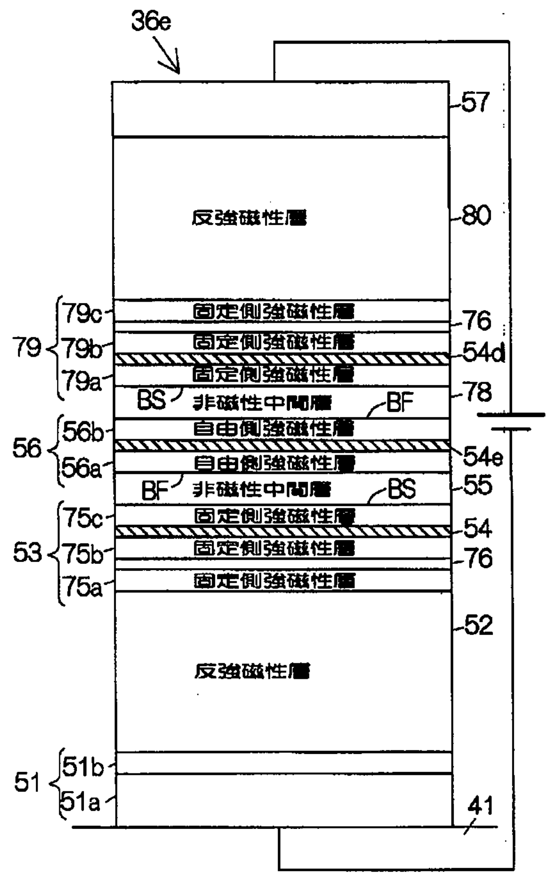
【図１９】



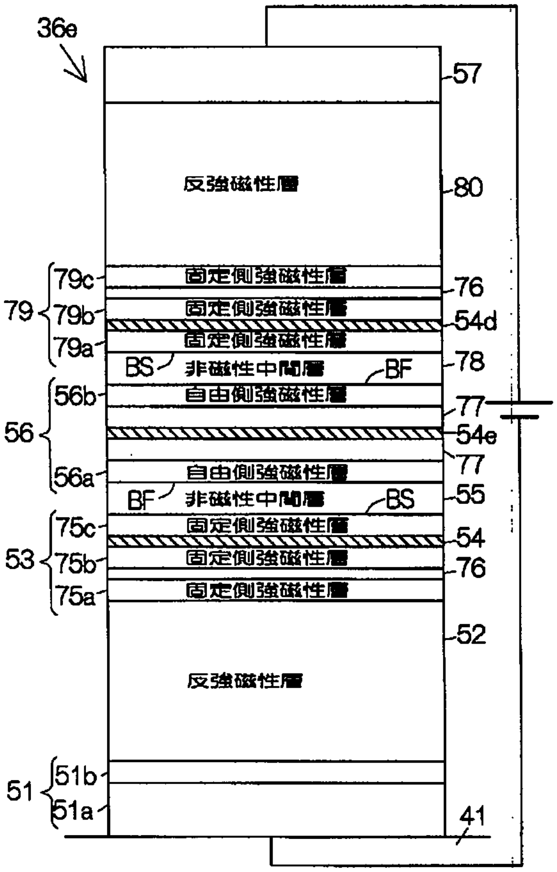
【図２０】


36d
57
反強磁性層
80
79c
固定側強磁性層
76
79
79b
固定側強磁性層
54d
79a
固定側強磁性層
BS
非磁性中間層
BF
78
56
自由側強磁性層
BF
非磁性中間層
BS
55
75c
固定側強磁性層
54
53
75b
固定側強磁性層
76
75a
固定側強磁性層
52
反強磁性層
51b
51
51a
41

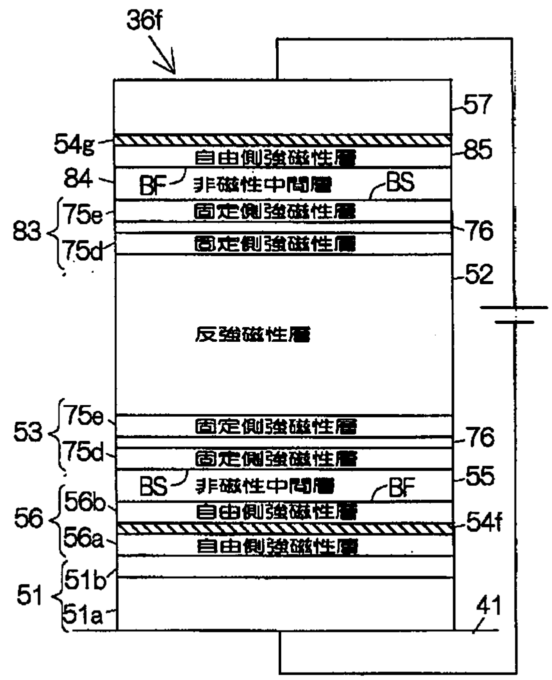
【図２１】


36e
57
反強磁性層
80
79c
固定側強磁性層
76
79
79b
固定側強磁性層
54d
79a
固定側強磁性層
BS
非磁性中間層
BF
78
56b
56
自由側強磁性層
54e
56a
自由側強磁性層
BF
非磁性中間層
BS
55
75c
固定側強磁性層
54
53
75b
固定側強磁性層
76
75a
固定側強磁性層
52
反強磁性層
51b
51
51a
41

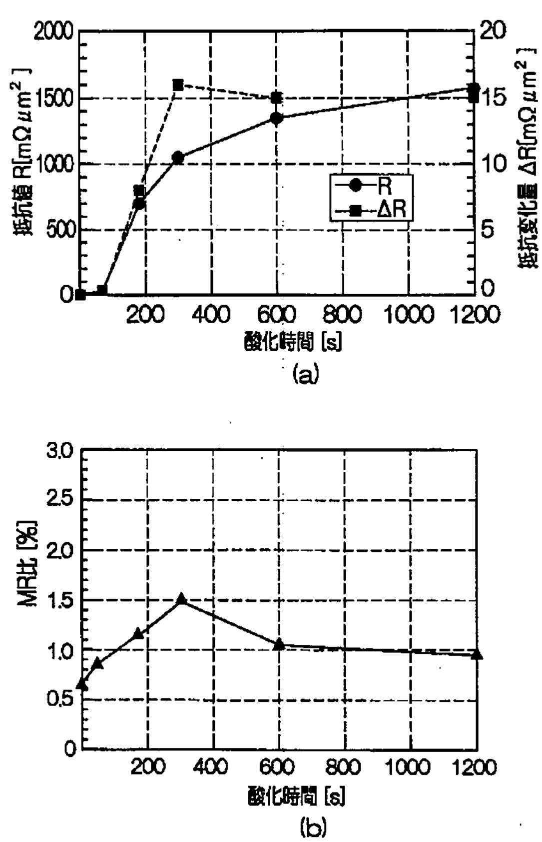
【図２２】


36e
57
反強磁性層
80
79c
固定側強磁性層
76
79
79b
固定側強磁性層
54d
79a
固定側強磁性層
BS
非磁性中間層
BF
78
56b
自由側強磁性層
77
56
54e
77
56a
自由側強磁性層
BF
非磁性中間層
BS
55
75c
固定側強磁性層
54
53
75b
固定側強磁性層
76
75a
固定側強磁性層
52
反強磁性層
51b
51
51a
41

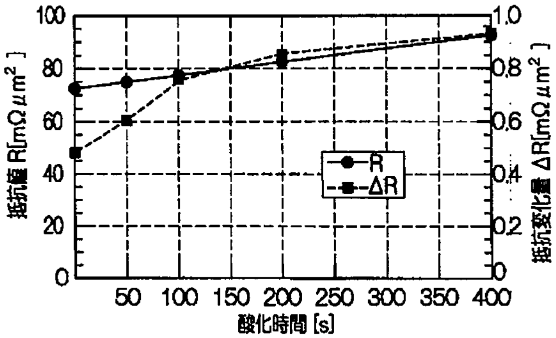
【図２３】


36f
57
54g
自由側強磁性層
85
84
BF
非磁性中間層
BS
75e
固定側強磁性層
83
76
75d
固定側強磁性層
52
反強磁性層
75e
固定側強磁性層
53
76
75d
固定側強磁性層
BS
非磁性中間層
BF
55
56b
自由側強磁性層
56
54f
56a
自由側強磁性層
51b
51
51a
41

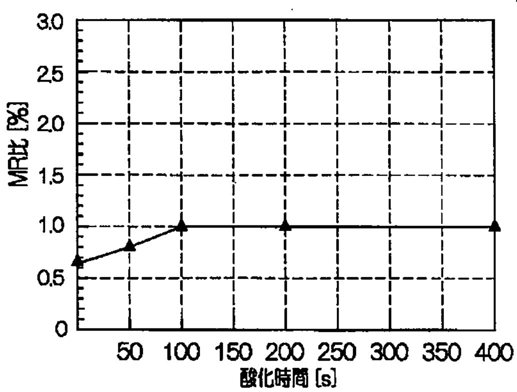
【図２７】


抵抗値 R[mΩμm²]
抵抗変化量 ΔR[mΩμm²]
R
ΔR
酸化時間 [s]
(a)
MR比 [%]
酸化時間 [s]
(b)

【図２４】

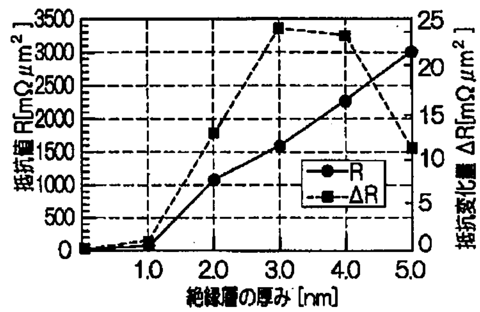

抵抗値 R[mΩμm²]
抵抗変化量 ΔR[mΩμm²]
R
ΔR
酸化時間 [s]
100
80
60
40
20
0
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0
50 100 150 200 250 300 350 400

(a)

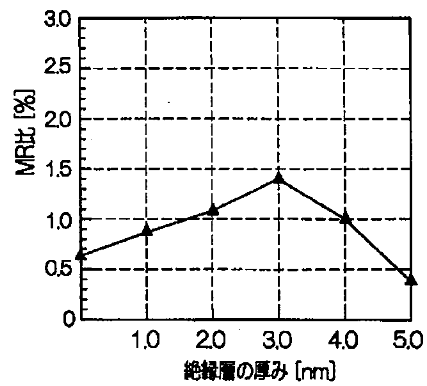

MR比 [%]
酸化時間 [s]
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0
50 100 150 200 250 300 350 400

(b)

【図２５】

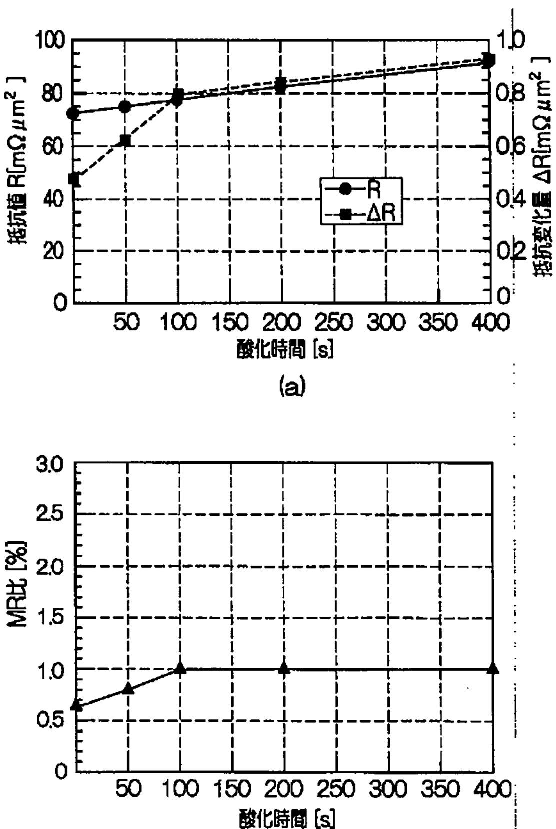

抵抗値 R[mΩμm²]
抵抗変化量 ΔR[mΩμm²]
R
ΔR
絶縁層の厚み [nm]
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
25
20
15
10
5
0
1.0 2.0 3.0 4.0 5.0

(a)


MR比 [%]
絶縁層の厚み [nm]
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0
1.0 2.0 3.0 4.0 5.0

(b)

【図２６】

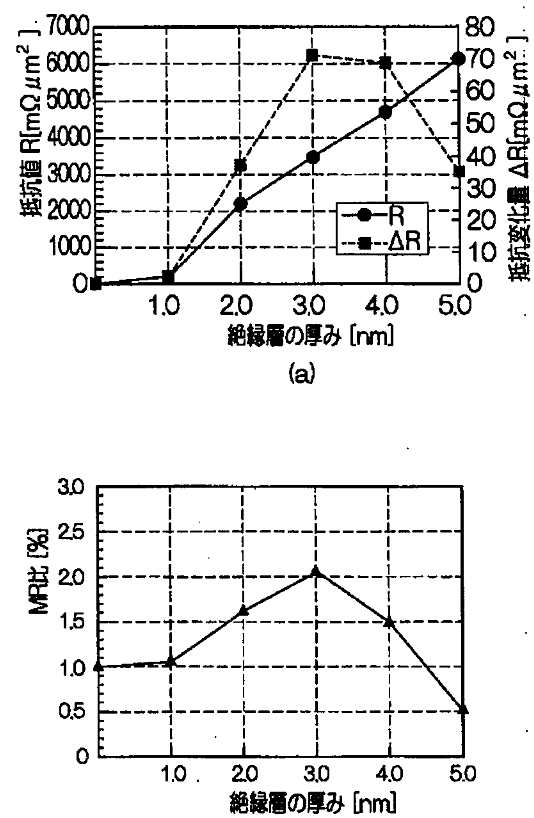


抵抗値 R[mΩμm²]
抵抗変化量 ΔR[mΩμm²]
R
ΔR
酸化時間 [s]
MR比 [%]

(a)

(b)

【図２８】

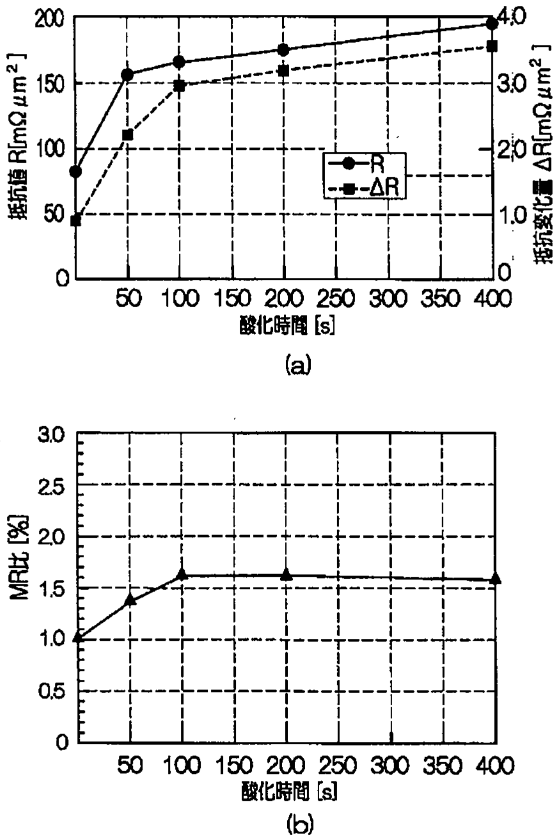


抵抗値 R[mΩμm²]
抵抗変化量 ΔR[mΩμm²]
R
ΔR
絶縁層の厚み [nm]
MR比 [%]

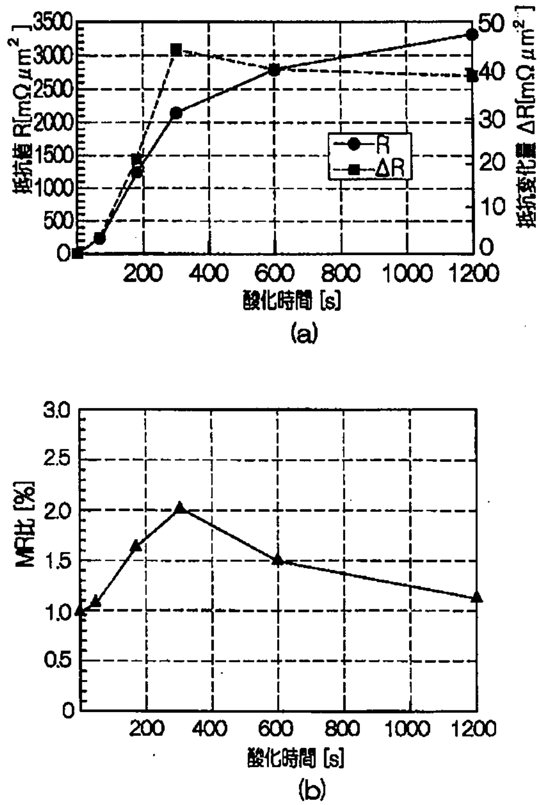
(a)

(b)

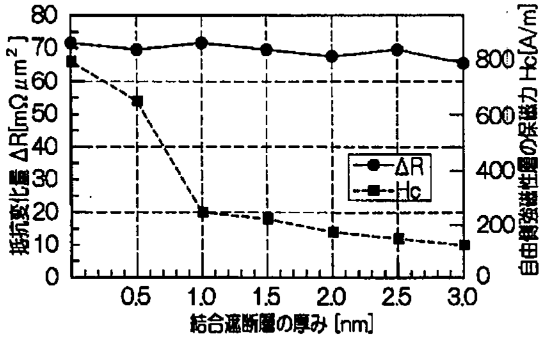
【図29】


抵抗値 R[mΩμm²]
抵抗変化量 ΔR[mΩμm²]
R
ΔR
0
50
100
150
200
0
1.0
2.0
3.0
4.0
50 100 150 200 250 300 350 400
酸化時間 [s]
(a)
MR比 [%]
0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
50 100 150 200 250 300 350 400
酸化時間 [s]
(b)

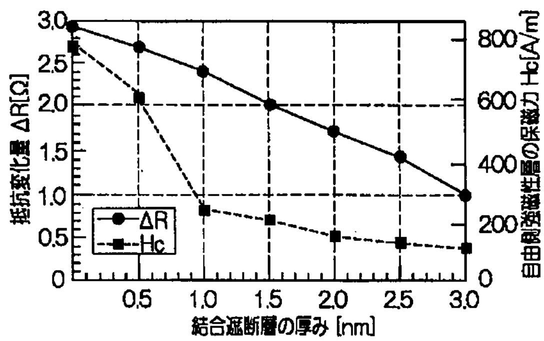
【図30】


抵抗値 R[mΩμm²]
抵抗変化量 ΔR[mΩμm²]
R
ΔR
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
3500
0
10
20
30
40
50
200 400 600 800 1000 1200
酸化時間 [s]
(a)
MR比 [%]
0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
200 400 600 800 1000 1200
酸化時間 [s]
(b)

【図３１】

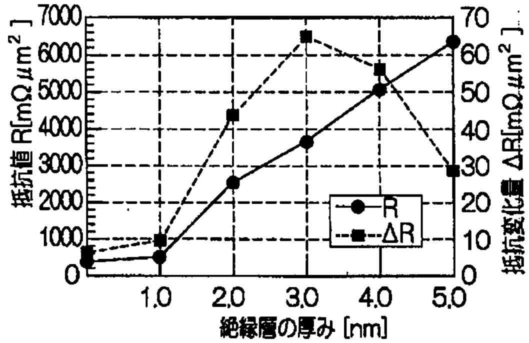

抵抗変化量 ΔR[mΩμm²]
自由側強磁性層の保磁力 Hc[A/m]
ΔR
Hc
結合遮断層の厚み [nm]

(a)

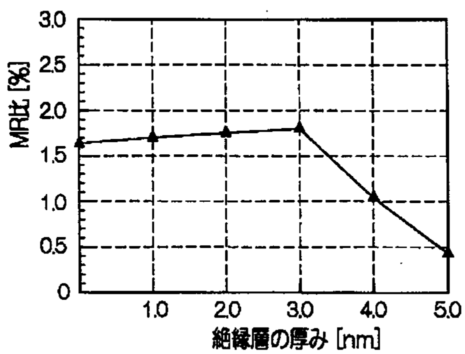

抵抗変化量 ΔR[Ω]
自由側強磁性層の保磁力 Hc[A/m]
ΔR
Hc
結合遮断層の厚み [nm]

(b)

【図３２】

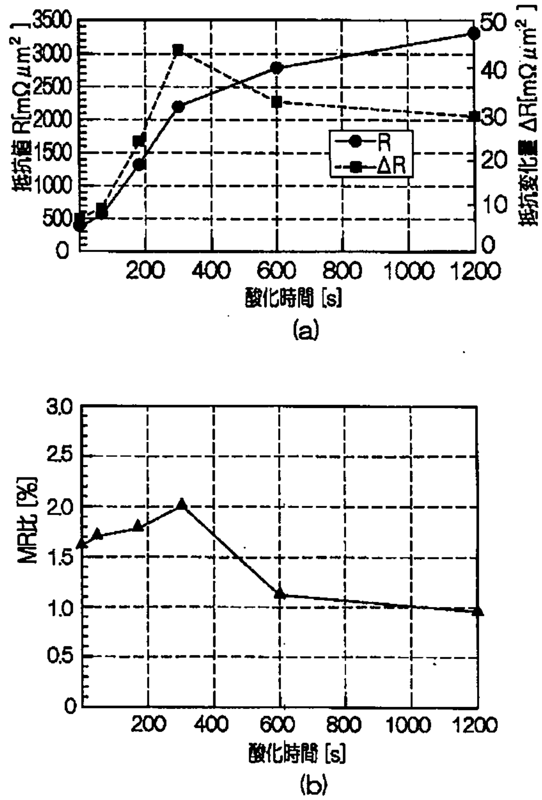

抵抗値 R[mΩμm²]
抵抗変化量 ΔR[mΩμm²]
R
ΔR
絶縁層の厚み [nm]

(a)


MR比 [%]
絶縁層の厚み [nm]

(b)

【図３３】



フロントページの続き

(72)発明者　長坂　恵一
　神奈川県川崎市中原区上小田中４丁目１番
　１号　富士通株式会社内

(72)発明者　清水　豊
　神奈川県川崎市中原区上小田中４丁目１番
　１号　富士通株式会社内

Ｆターム(参考)　2G017 AA10 AB07 AD54
　5D034 BA04 BA15 CA04 CA08
　5E049 AA04 AA09 AC00 AC05 BA12
　CB02 DB12